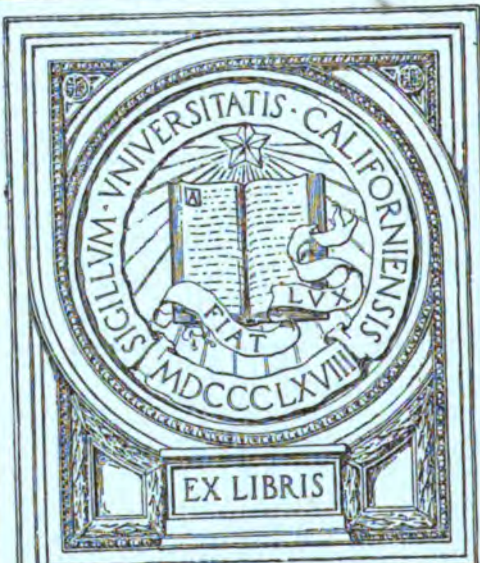

SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

FORSCHUNGEN

AUF DEM GEBIETE DER

AGRIKULTUR-PHYSIK.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. WOLLNY,

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

ZWANZIGSTER BAND.

MIT ORIGINAL-BEITRÄGEN VON

A. MAYER, R. ULRICH, E. WOLLNY, W. WOLLNY.

MIT 2 HOLZSCHNITTEN UND 6 PHOTOLITHOGRAPHISCHEN TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1897/98.

Inhalts-Verzeichniß.

I. Physik des Bodens.

Seite.

Untersuchungen über die Volumveränderungen der Bodenarten. Von E. Wollny 1

Litteraturübersicht 1

I. Volumveränderungen des Bodens durch die Lockerung 9

II. Volumveränderungen des gelockerten Bodens bei der Anfeuchtung und Austrocknung 14

III. Volumveränderungen des trockenen und dicht gelagerten Bodens bei der Anfeuchtung 25

IV. Volumveränderungen des Bodens unter äußeren Einwirkungen . . 32

Schlußfolgerungen 50

Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse der Bodenarten. (Zweite Mittheilung.) Von E. Wollny 133

II. Die Temperaturverhältnisse der Kalk- und Magnesiaböden 133

III. Die Temperaturverhältnisse der eisenreichen Bodenarten 178

Untersuchungen über die Feuchtigkeitsverhältnisse der Bodenarten. (Zweite Mittheilung.) Von E. Wollny 471

E. Wassergehalt der kalk- und magnesiareichen Böden bis zu 0,3 m Tiefe während der Vegetationszeit 471

F. Wassergehalt der eisenreichen Bodenarten 488

Untersuchungen über den Einfluß der Steine auf die Fruchtbarkeit des Bodens. Von E. Wollny 363

1. Einfluß der Steine auf die Bodentemperatur 364

2. Einfluß der Steine auf die Bodenfeuchtigkeit 380

3. Einfluß der Steine auf die Produktionskraft des Bodens 389

Seite.

Untersuchungen über den Einfluß der mechanischen Bearbeitung auf die Fruchtbarkeit des Bodens. (Zweite Mittheilung.) Von E. Wollny . . 231

2. Die durch die Lockerung hervorgerufene mechanische Beschaffenheit des Bodens 231

3. Die Häufigkeit und der Zeitpunkt der Lockerung des Bodens . . . 250

4. Die oberflächliche Lockerung des Bodens 257

5. Das Walzen des Bodens 265

6. Die Formgestaltung des Ackerlandes bei der mechanischen Bearbeitung 279

Untersuchungen über die Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften des Moorbodens durch Mischung und Bedeckung mit Sand. (Zweite Mittheilung.) Von E. Wollny 187

III. Die Grundwasserstände in dem besandeten, in dem mit Sand gemischten und in dem unveränderten Moorboden 187

IV. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in dem besandeten, in dem mit Sand gemischten und in dem unveränderten Moorboden 195

V. Die Erträge der Kulturgewächse auf dem besandeten, dem mit Sand gemischten und dem unveränderten Moorboden 201

Neue Litteratur 52. 212. 290. 396. 491

II. Physik der Pflanze.

Untersuchungen über den Einfluß der Wachsthumsfaktoren auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen. Von E. Wollny 53

Einleitung 53

I. Einfluß des Wassers 56

II. Einfluß der Nährstoffe 71

III. Einfluß der Wärme 80

IV. Einfluß des Lichtes 85

V. Einfluß der Elektrizität 93

VI. Die kombinirte Wirkung der Wachsthumsfaktoren 95

Allgemeine Schlußfolgerungen 104

Untersuchungen über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Wachsthum der Pflanzen. Von W. Wollny 397

Seite.

Kleine Beiträge zur Frage nach der Ursache der Saftbewegung in der Pflanze. Von A. Mayer 213

Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf das Produktionsvermögen der Nutzgewächse. Von E. Wollny . . . 291

1. Die Inklination und die Exposition der Bodenfläche 291
2. Die Mächtigkeit der Vegetationsschicht 305
3. Die Feinheit der Bodentheilchen 319
4. Die Farbe des Bodens 324
5. Die Bodenarten 338

Untersuchungen über den Einfluß der Behäufelungs- und Kammkultur auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen. Von E. Wollny 493

I. Die Behäufelungskultur 493
1. Die Wirkung der Behäufelung auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen 493
2. Die Richtung der Behäufelungshorste 503
3. Die Form der Behäufelungshorste 508
4. Der Einfluß der Behäufelung auf die Ausbreitung der Kartoffelkrankheit 516

II. Die Kammkultur 519

Neue Litteratur 110. 217. 344. 438. 527

III. Agrar-Meteorologie.

Untersuchungen über das Verhalten der atmosphärischen Niederschläge zur Pflanze und zum Boden. Von E. Wollny 111. 346

9. Der direkte Einfluß der atmosphärischen Niederschläge auf die Pflanze 111
10. Die künstliche Beeinflussung der Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge 346

Untersuchungen über die Verdunstung und das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Von E. Wollny 528

Untersuchungen über den Einfluß des Frostes auf die Temperaturverhältnisse des Bodens von verschiedenem Salzgehalt. Von R. Ulrich 218

Seite.

Untersuchungen über den Einfluß des Frostes auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens. Von E. Wollny 439

1. Einfluß des Frostes auf die Festigkeit des Bodens 440
2. Einfluß des Frostes auf die Volumveränderungen des Bodens 444
3. Einfluß des Frostes auf die Struktur des Bodens 447
4. Einfluß des Frostes auf die Permeabilität des Bodens für Luft . . . 450
5. Einfluß des Frostes auf die Permeabilität des Bodens für Wasser . . 453
6. Einfluß des Frostes auf den Wassergehalt des Bodens 454

Neue Litteratur 132. 229. 360. 469. 538

Rezension.

Th. Homén. **Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde.** Leipzig 1897. Wilhelm Engelmann. 4°. 147 S. 10 Tafeln und 5 Abbildungen im Text 492

Druckfehler-Berichtigung.

Es muß heißen:

S. 461. Zeile 17 von unten: welche statt welcher.

Autoren-Verzeichniß.

Anderlind, L. 538.

Baumann, A. 52. 290.
Bebber, J. van 469. 538.
Bemmelen, J. M. van 52.
Borzi, A. 217.
Bouilhac, R. 212.
Bréal, E. 290.
Breitenlohner, J. 132.
Briggs, L. J. 290. 396.
Burgerstein, A. 217. 344. 361.

Canestrini, E. 360.
Cieslar, A. 229.
Clayton, J. 469.
Copeland, E. B. 438.
Cordes, W. 469.
Cornu, M. 344.
Czapek, F. 527.

Dehérain, P. P. 52. 212. 290. 492.
Deveaux, H. 527.
Dixon, H. 110.
Duclaux, E. 361.
Dumont, J. 491.

Ebermayer, E. 132. 360.
Elster, J. 361.
Ewart, A. J. 438.

Figdor, W. 438.
Fischbach, K. von 469.
Flammarion, C. 344.
Fraenkel, C. 492.
Friedrich, J. 229. 360.

Galloway, B. T. 229.
Gärtner, A. 492.
Gardner, F. D. 290.
Geitel, H. 361.
Giltay, E. 345.
Godlewsky, E. 217. 344.

Haacke, W. 217.
Haberlandt, G. 438.
Hamberg, H. E. 132.
Hann, J. 469.
Hartig, R. 229.
Hartleb, R. 212.
Hellmann, G. 538.
Hennig, R. 538.
Henriet, H. 361.
Henry, E. 360.
Homén, Th. 212. 492.
Hoppe, E. 229. 360.
Houdaille, F. 396. 469.

Jost, L. 217. 345.

Kamerling, Z. 527.
King, F. H. 52.
Kitao, D. 212.
Kny, L. 110.
Kohl, F. G. 217. 345.
Kolkwitz, R. 110.
Kosaroff, P. 345.
Künnemann, O. 492.

Laurent, *J.* 491.
Leduc, *A.* 229.
Lemmermann, *O.* 492.
Luedecke, *C.* 290.

Mac Dougal, *D. T.* 110.
Maldiney 527.
Maquenne, *L.* 110.
Maurer, *J.* 361.
Mayer, *A.* 213. 491.
Means, *Th. A.* 290.
Meinardus, *W.* 229. 538.
Melander, *G.* 469.
Miller, *N. H. J.* 212.
Mitscherlich, *A.* 491.
Molisch, *H.* 345.
Mouton 438.
Müller, *P. A.* 229.

Nabokisch, *A.* 229.
Nestler, *A.* 110.
Nilsson, *N. H.* 345.
Noll, *F.* 438.

Oltmanns, *F.* 110.
Ototzki, *P.* 229. 491. 538.

Pettersson, *O.* 229.
Pfeffer, *W.* 110.
Pfeiffer, *Th.* 492.
Plumandon, *J. R.* 469. 538.

Ramann, *E.* 396.
Ramsey, *W.* 132.
Rullmann, *W.* 212.
Rytkatschew, *M.* 360.

Satke, *L.* 469.
Schloesing, *Th. fils* 229. 492.
Schober, *A.* 438.
Schubert, *J.* 360. 538.
Severin, *S. A.* 492.
Ssibirzeff, *N.* 290.
Stutzer, *A.* 212.
Suzuki, *U.* 344.

Thiele, *P.* 469.
Thouvenin 527.
Tolomei, *G.* 527.

Ulrich, *R.* 218.

Vines, *S. H.* 110.

Warington, *R.* 396.
Whitney, *M.* 290. 491.
Wild, *H.* 360.
Williams, *W. C.* 538.
Wilson, *C. T. R.* 469.
Woeikof, *A.* 469.
Wollny, *E.* 1. 53. 111. 133. 187. 231. 291. 246. 363. 439. 471. 493. 528.
Wollny, *W.* 397.

Zaleski, *W.* 527.

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XCVII. Untersuchungen über die Volumveränderungen der Bodenarten.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Die Volumveränderungen, welche der Boden bei der Anfeuchtung und Austrocknung erfährt, bieten insofern ein Interesse, als dieselben einen Maßstab in Rücksicht auf die für die Fruchtbarkeit der Vegetationsschicht in physikalischer, sowie indirekt in chemischer Hinsicht[1]) wichtigen Lagerungsverhältnisse der Bodenelemente abgeben. Die im Bisherigen über diesen Gegenstand angestellten Untersuchungen sind zur Beurtheilung der einschlägigen Erscheinungen insofern unzureichend, als einerseits die zahlreichen in dieser Richtung mitwirkenden Faktoren nur zum Theil, und andererseits das diesbezügliche Verhalten der verschiedenen Bodenkonstituenten in ungenügendem Maße Beachtung fanden.

G. Schübler[2]), welcher sich zuerst mit Studien über die Volumverminderung der Erdarten durch das Austrocknen beschäftigte, formte von den miteinander verglichenen Materialien im nassen Zustande gleich große würfelförmige Stücke von 1000 Kubiklinien Inhalt und ließ dieselben austrocknen. Nachdem keine Gewichtsverminderung mehr konstatirt werden konnte, wurden die Erdwürfel mittelst eines Maßstabes

[1]) *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen in Rücksicht auf die Bodenkultur. Heidelberg. 1897. C. Winter. S. 147. 195. 335.

[2]) *G. Schübler.* Grundsätze der Agrikultur-Chemie. Leipzig. 1838. II. Theil. S. 82 und 98—99.

gemessen, welcher die Ablesung von 1/10 Linie ermöglichte, und hiernach die Volumina berechnet. Die mit einfachen Erden angestellten Versuche zeigten in Bezug auf die Volumverminderung folgende Verschiedenheiten:

	1000 Theile verminderten ihr Volumen bis auf
Quarzsand	0
Kalksand	0
Gyps, fein, ungebrannt	0
Schiefriger Mergel	965
Kohlensaurer Kalk	950
Lettenartiger Thon	940
Lehmartiger Thon	911
Klayartiger Thon	886
Gewöhnliche Ackererde	880
Fruchtbare Gartenerde	851
Kohlensaure Magnesia	846
Reiner Thon	817
Humus oder Humussäure	800.

Aus diesen Daten werden von *Schübler* folgende Schlußfolgerungen abgeleitet:

1) Der Gyps zeigt sich in der in Rede stehenden Beziehung den Sandarten sehr ähnlich; er verminderte sein Volumen durchs Austrocknen nur sehr unbedeutend.

2) Die feine Kalkerde zeigt beim Austrocknen, ihrer großen wasserhaltenden Kraft ungeachtet, nur eine sehr geringe Volumverminderung, welche bei Weitem nicht so bedeutend ist als beim Thon; diese Eigenschaft der Erden steht daher mit der wasserhaltenden Kraft in keinem direkten Verhältniß, ebensowenig mit der Konsistenz und Festigkeit des Bodens; der Humus zieht sich, seiner geringen Konsistenz ungeachtet, beim Austrocknen in einen bedeutend kleineren Raum zusammen.

3) Unter den von Humus reinen Erden zeigt der Thon die größte Volumverminderung durch das Austrocknen; Zusatz von Sand oder Kalk vermindert dies bedeutend.

4) Die Eigenschaften vieler Mergelarten, durch Befeuchten in viele kleine Stückchen zu zerfallen, scheint sich vorzüglich aus dieser großen

Verschiedenheit der Volumverminderung durch das Austrocknen zu erklären, welche Thon und Kalk, die Bestandtheile des Mergels, erleiden, wenn sie im trockenen Zustand befeuchtet werden; die einzelnen Theile verändern dadurch in verschiedenem Verhältniß ihr Volumen, welches ein leichteres Zerfallen zur Folge hat.

5) Der Humus erleidet durch das Austrocknen unter den gewöhnlichen Bestandtheilen des Bodens die größten Volumverminderungen; er zieht sich durchs Austrocknen um $^1/_5$ seines Volumens zusammen und dehnt sich in diesem Verhältniß wieder aus, wenn er mit Wasser benetzt wird; es erklärt sich hieraus, warum sich in humusreichen, feuchten Torfniederungen die Erdoberfläche oft um einige Zoll erhöht und erniedrigt, je nachdem das Erdreich mit mehr oder weniger Wasser durchdrungen ist, und warum diese Erhöhung von nassen Torfböden noch bedeutender wird, wenn bei nasser Witterung schnell strenge Kälte einfällt, indem das Gefrieren das Volumen der zuvor mit Wasser durchdrungenen Theile noch mehr vermehrt; ebenso beruht es hierauf, warum solche humusreiche Torfniederungen im nassen Zustande beim starken Auftreten eine auffallende Nachgiebigkeit besitzen und oft das Gefühl des Schwankens veranlassen.

Die von *E. Wolff*[1]) angestellten einschlägigen Versuche wurden auf sechs verschiedene Erdproben ausgedehnt, welche, wie folgt, bezeichnet werden:

1) Schwarzer, humoser, kalkiger Lehmsandboden.
2) Sehr feinkörniger, sandig-lehmiger Boden,
3) Boden mit ziemlich viel thoniger Substanz,
4) Boden wie Nr. 2,
5) Sehr thonreicher Boden,
6) Boden wie Nr. 4,

} humusarm.

Das Verhältniß zwischen dem Volumen dieser Erdarten im lufttrockenen und im gesättigt nassen Zustande wurde in der Weise ermittelt, daß 40—50 gr Feinerde nach ihrem Volumen in einem graduirten Zylinder gemessen und hierauf mit Wasser, welchem etwas Chlorammonium zugesetzt worden war, übergossen und geschüttelt wurden. Nach dem vollständigen Absitzen der aufgeschlämmten Erde wurde deren

[1]) *E. Wolff.* Anleitung zur chemischen Untersuchung landw. wichtiger Stoffe. Berlin. 1875.

Volumen bestimmt und zu jenem der trockenen Masse (= 1) ins Verhältniß gesetzt. Die Resultate waren folgende:

Das Volumen der trockenen Erde verhielt sich zu dem Volumen des nassen Bodensatzes wie 1 zu

bei Nr.	1	2	3	4	5	6
	1,433	0,962	1,418	1,144	2,139	1,360.

Hiernach verlor nur das Volumen des Bodens Nr. 2 im durchnäßten Zustande eine Abnahme, während in allen übrigen Fällen eine größtentheils beträchtliche Raumvermehrung beobachtet wurde. Dieser Unterschied erklärt sich aus dem Umstande, daß die Bodenprobe Nr. 2 im lockeren Zustande eingefüllt worden war und sich die kleinsten Theilchen nach der Durchfeuchtung demgemäß dichter aneinander lagerten. Hätte man den nassen Bodensatz eintrocknen lassen und hierauf dessen Volumen mit jenem des wieder durchnäßten verglichen, so würde sich für den letzteren ohne Zweifel eine Volumzunahme ergeben haben. Dasselbe würde sich herausgestellt haben, wenn man die feinpulverige Erde im gepreßten trockenen Zustande hinsichtlich ihres Rauminhaltes mit der gesättigten verglichen hätte.

Die vorstehend mitgetheilten Versuche wurden von *F. Haberlandt*[1]) durch solche ergänzt, welche theils in Bezug auf die mechanische Beschaffenheit der verwendeten Erdproben, theils hinsichtlich der Art des Austrocknens verschiedenartige Bedingungen darboten. Im Ganzen benützte genannter Forscher zu den vergleichenden Versuchen zwölf Bodenarten und zwar:

1) Humusüberreiche Moorerde aus dem Hanság bei Wieselburg (Ungarn).

2) Kalkreichen Lehmboden aus Ungarisch-Altenburg in Ungarn.

3) Humusreichen, sehr fruchtbaren kalk- und thonreichen Boden aus Mittrovicz an der Save in Ungarn.

4) Vorzüglichen, an thonigen Bestandtheilen reichen Weizenboden aus dem Alluvium von Prerau in Mähren.

5) Feinsandigen, kalkarmen Glimmerschieferboden aus Kaaden in Böhmen.

6) Lößboden aus dem Versuchsgarten der k. k. Hochschule in Wien.

---

[1]) *G. Haberlandt. Fühling*'s landw. Zeitung. 1877. Heft 7. S. 481—492.

7) Mageren, feinsandigen Haferboden aus Radautz in der Bukowina.

8) Granitboden aus Eibenschitz in Mähren.

9) Gneißboden, feinsandig und kalkarm aus Mährisch-Schönberg in Mähren.

10) Eisenschüssigen Lehmboden aus der Pfalz in Bayern.

11) Groben Glimmersand aus Kotzobendz in Oesterr.-Schlesien.

12) Gelblichen Sand (sarmatische Stufe).

Diese Böden wurden mit Hilfe des *Nöbel*'schen Schlämmapparates einer mechanischen Analyse unterworfen. Man erhält hierbei vier Feinheitsgrade. Das Feinste wird aus dem größten Gefäß fortgespült und auf einem Filter gesammelt, das minder Feine verbleibt als Bodensatz des größten Gefäßes, das noch Gröbere bildet den Bodensatz in dem zweitgrößten Gefäß, während das Gröbste in dem drittgrößten Gefäß des Apparates verbleibt und in den vorliegenden Versuchen durch Siebe mit verschiedener Maschenweite sortirt wurde, von welchen die Nummern 6, 10, 20, 40, 60, 80 und 100 benutzt wurden. Diese Nummern bezeichnen die Maschenweite des Drahtnetzes der Siebe insofern, als sie die Zahl der Drahtfäden für den Wiener Zoll angeben. Außerdem wurde noch der Wassergehalt der Proben im lufttrockenen und gesättigten Zustande, sowie der Gehalt an organischen Substanzen ermittelt. Die Ergebnisse aller dieser Untersuchungen finden sich in der nachfolgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt und zwar beziehen sich die betreffenden Daten auf 100 Theile der lufttrockenen Substanz.

Nr. der Bodenprobe	Wassergehalt		Humusgehalt	Inhalt des drittgrößten Gefäßes sortirt durch die Siebe Nr.								Abgeschlämmte Theile			
	lufttrocken	gesättigt		6	10	20	40	60	80	100	Summa	Inhalt d. zweitgrößten Gefäßes	Inhalt d. größten Gefäßes	Feinstes abgeschlämmt	Summa
1	7,32	62,82	26,58	4,24	7,51	6,49	5,88	8,63	2,05	33,57	68,37	8,80	5,20	17,55	31,63
2	1,32	52,54	18,33	0,89	4,34	11,78	10,15	8,43	5,01	18,50	59,10	7,02	5,50	18,38	40,90
3	3,33	49,30	10,42	0,17	0,70	2,58	4,64	4,89	2,29	51,03	66,30	10,80	7,70	15,20	33,70
4	3,22	39,86	5,48	0,23	0,51	1,80	3,70	7,78	1,83	51,64	67,49	10,99	4,57	16,95	32,51
5	1,60	32,04	5,25	5,95	12,33	16,00	10,41	7,29	2,56	20,24	74,78	3,78	4,88	16,56	25,22
6	2,37	30,48	3,55	3,08	11,68	10,85	10,05	7,49	2,99	27,10	73,24	7,20	4,16	15,40	26,76
7	2,18	40,16	2,94	0,09	0,19	0,11	0,06	0,07	0,04	50,41	50,97	13,42	7,88	27,74	49,04
8	1,56	29,77	2,59	14,06	27,43	17,44	8,72	3,82	1,44	10,47	83,38	4,64	3,04	8,94	16,62
9	2,10	42,42	2,33	0,90	1,45	2,53	2,47	2,89	1,31	40,75	52,30	22,58	9,84	15,28	47,70
10	3,52	29,31	1,33	3,27	7,50	13,82	10,16	5,93	1,86	24,31	66,85	10,17	5,26	17,72	33,15
11	3,97	28,46	0,53	5,96	22,64	30,05	15,87	7,69	2,75	11,12	96,08	2,24	1,14	0,54	3,92
12	0,57	27,72	0,13	0,00	2,84	7,72	12,50	9,90	7,02	51,52	91,50	4,00	2,24	2,60	8,50

Um an den wie vorstehend charakterisirten Erdproben die Volumverminderung zu konstatiren, welche sie erfahren, wenn sie aus dem feuchten in den trockenen Zustand übergehen, wendete *Haberlandt* folgendes Verfahren an. Er feuchtete jede einzelne Erdprobe ungefähr mit der halben Wassermenge an, welche sie im gesättigt feuchten Zustande zu fassen vermochte, und formte aus derselben Erdzylinder von gleicher Länge und gleichem Durchmesser. Zu diesem Zweck wurde ein 10 cm langer und 1,9 cm weiter, beiderseits offener Glaszylinder benutzt, in welchen die befeuchtete Erde in kleinen Portionen eingeführt und festgestampft wurde. Nach Füllung des Glasrohres wurde der Erdzylinder mittelst eines Stempels herausgepreßt und seine Länge im feuchten Zustand genau bestimmt. Auf einer Glasplatte blieben sie bis zum vollständigen Trocknen liegen, worauf ihre Länge und ihr Durchmesser wiederholt festgestellt wurde. Einen anderen Theil der befeuchteten Erdproben drückte man in flache Blechtassen, deren Grundfläche 1 qdcm groß, von 2 cm hohen senkrechten Wänden umgeben war. Man war darauf bedacht, in diesen Tassen die feuchte Erde so fest einzupressen, wie dies im Glaszylinder geschah. Sowohl die Erdwalzen wie die Erdprismen, welche letztere in den Blechtassen belassen wurden, ließ man im Zimmer bei einer konstanten Temperatur von 16—18° im Schatten austrocknen, was bei den Prismen zum Theil schon nach 5 Tagen oder auch erst nach 15 Tagen der Fall war.

Die Messung sowohl der trockenen Erdzylinder wie der Erdprismen ergab für alle Bodenarten mit Ausnahme der mit den Nummern 11 und 12 bezeichneten eine merkbare Abnahme aller Dimensionen, und zwar war für eine und dieselbe Probe die Zusammenziehung nach den einzelnen Dimensionen eine gleichförmige; waren die Dimensionen verschieden, so stand ihre Verkürzung in geradem Verhältniß zu ihrer Länge. Die Abmessung erfolgte mittelst schmaler, dem Millimeterpapier entnommener Streifen; die Mitbenützung der Lupe ließ selbst Maßveränderungen, die nur Bruchtheile eines Millimeters betrugen, wahrnehmen.

In der folgenden Tabelle sind die Resultate der Volumbestimmungen in aufsteigender Reihe aufgeführt, sowie die Zahlen beigesetzt, welche einerseits den Humusgehalt, andererseits den Feinheitsgrad und die Wasserkapazität ausdrücken:

Bodenart	100 ccm verminderten ihr Volumen auf ccm	Vergleichszahlen bezüglich		
		der Humusgehalte	des Feinheitsgrades	der Wasserkapazität
Gelblicher Sand (sarmatische Stufe)	100	1	2	1
Glimmersand von Kotzobendz . . .	100	2	1	2
Magerer, feinsandiger Haferboden von Radautz	93,54	6	12	8
Granitboden von Eibenschitz . . .	91,83	5	3	4
Eisenschüssiger Lehmboden aus der Pfalz	90,84	3	8	3
Gneißboden aus Mährisch-Schönberg	90,34	4	11	9
Feinsandiger Glimmerschieferboden aus Kaaden	88,61	8	4	6
Lößboden aus dem Versuchsgarten .	88,20	7	5	5
Reicher Weizenboden aus Prerau .	80,95	9	7	7
Kalkreicher Lehmboden aus Ungar.-Altenburg	77,87	11	10	11
Humusreicher Boden aus Mittrovicz	74,61	10	9	10
Moorerde aus dem Hanság	72,61	12	6	12

Die Volumveränderungen des dicht gelagerten Bodens schwankten hiernach innerhalb ziemlich weiter Grenzen und standen hauptsächlich in Beziehung zum Humusgehalt, während ein solcher Zusammenhang zwischen den feinsten Bodenbestandtheilen und der Volumveränderung des feuchten und trockenen Bodens nicht in so auffälliger Weise sich herausstellte. Letzteres scheint, wie *Haberlandt* anführt, in der Unvollkommenheit der mechanischen Analyse begründet zu sein. Außerdem sei aber auch zu berücksichtigen, daß neben der Feinheit der Bodentheilchen auch deren physikalische und chemische Beschaffenheit einen wesentlichen Einfluß auf das Schwendungsvermögen ausüben werde, und daß besonders die mit einem starken Quellungsvermögen ausgestatteten Bestandtheile in bezeichneter Richtung unzweifelhaft das Meiste leisteten.

Aus den Ergebnissen seiner Versuche und der Diskussion derselben leitet *Haberlandt* folgende Sätze ab:

1) Die Extreme der Volumveränderungen, welche der Boden erleidet, schwanken innerhalb ziemlich weiter Grenzen und zwar, in Prozenten des ursprünglichen Volumens der feuchten und festgelagerten Erde ausgedrückt, zwischen 0 und 30.

2) Ueberhaupt aber sind solche Volumveränderungen nur meßbar an Böden, die in festerem Gefüge liegen; ein gekrümelter lockerer Boden läßt sie nicht wahrnehmen.

3) Den größten Einfluß auf die Schwendung des austrocknenden Bodens üben die quellungsfähigen Substanzen desselben, vor Allem der Humus.

4) Es ist wahrscheinlich, daß die Volumveränderungen des Bodens auch zu dem Feinheitsgrade seiner einzelnen Bestandtheile in einem geraden Verhältnisse stehen, doch ist letzteres vielleicht nur dann der Fall, wenn diesen feineren Theilen ein gewisser Grad der Quellungsfähigkeit zukommt.

In den von *A. R. von Schwarz*[1]) angestellten Versuchen wurden vier, durch ihr physikalisches Verhalten wesentlich von einander abweichende Bodenarten verwendet, nämlich:

1) Moorboden, aus einem sogen. Uebergangsmoor (bei Kirchberg a. W., Niederösterreich) stammend, mit 82,6% organischer Substanz.

2) Alluvialsand, fast ausschließlich aus Quarzkörnern bestehend. Steinchen über 2 mm Durchmesser waren in demselben nicht vorhanden.

3) Lehm, Lößlehm aus dem Wiener Walde, enthielt weder Steinchen noch organische Reste.

4) Thon; derselbe war diluvial und stammte gleichfalls aus dem Wiener Walde. Organische Stoffe, Steinchen und gröberer Sand fehlten in ihm gänzlich.

Die mit dem *Nöbel*'schen Schlämmapparate ausgeführte mechanische Analyse ergab folgende Resultate:

	Rückstand im Schlämmtrichter				Abschlämmbare Theile
	I (Gröbstes)	II	III	IV	
Sand	0	96,34%	3,11%	0,55%	
Lehm	0	19,87 »	31,70 »	30,39%	18,04%
Thon	0	0	0	4,53 »	95,47 »

Nachdem die kapillare Sättigungskapazität dieser Böden festgestellt worden war, ermittelte *von Schwarz* die Kontraktion und Expansion derselben in der Weise, daß er die gesättigten Proben zuerst an der Luft und dann bei 100° C. trocknete und die hierbei erfolgte Schwendung durch Messung bestimmte. Die Würfel wurden dann wieder imbibirt und die hierbei gefundenen Expansionsgrößen in die Tabelle gestellt.

[1]) *A. R. von Schwarz.* Erster Bericht über Arbeiten der k. k. landwirthschaftlichen Versuchsstation in Wien aus den Jahren 1870—1877. Wien. 1878. S. 51.

	Volumen von 100 ccm imbibirtem Boden nach dem Trocknen	Volumen von 100 ccm trockenem Boden nach der Imbibition
Moor	39,8 ccm	— ccm
Thon	70,2 »	142,4 »
Lehm	83,9 »	119,2 »
Sand	100,0 »	100,0 ».

Diese Zahlen lassen erkennen, daß der Humus (Moor) die größten Volumveränderungen erfuhr (60,1%), dann folgten der Thon und der Lehm, während der Sand weder bei der Austrocknung noch bei der Anfeuchtung eine meßbare Veränderung in der Raumerfüllung zeigte.

Wenngleich aus den mitgetheilten Versuchsergebnissen bereits deutlich hervorgeht, welche Bodenelemente bei den Volumveränderungen der Ackerkrume den hervorragendsten Antheil nehmen, so war durch dieselben doch keineswegs allen Verhältnissen Rechnung getragen, welche sowohl bei natürlicher Lagerung der Bodenpartikel, als bei der durch die Bearbeitung und Bedeckung des Erdreichs hervorgerufenen obwalten. Um die in dieser Richtung bestehenden Lücken auszufüllen, wurden von dem Referenten nachfolgend beschriebene Experimente unter Berücksichtigung solcher von *H. Puchner*[1]) ausgeführt.

1. Volumveränderungen des Bodens durch die Lockerung.

Durch die Lockerung des Bodens, welche entweder eine Zertrümmerung desselben in seine einzelnen Theilchen (Einzelkornstruktur) oder seine Ueberführung in eine krümelige Masse (Krümelstruktur) bewirkt, muß nothwendigerweise eine Volumvermehrung stattfinden. Im ersteren Fall, im pulverförmigen Zustand des Bodens, sind die Partikel, trockene Beschaffenheit der Masse vorausgesetzt, von Lufthüllen hoher Spannung umgeben, durch welche die Bodenelemente von einander getrennt werden und dadurch eine Vergrößerung des Raumes in mehr oder minderem Grade herbeigeführt wird im Vergleich zu dem Zustand, wo die Theilchen auf das Engste aneinander gelagert sind. In dem zweiten Fall, d. h. in der normal bearbeiteten Ackerkrume, bilden sich Aggregate von verschiedener Größe (Krümel oder Bröckchen), zwischen welchen sich größere, sogen. nichtkapillare Hohlräume oder Lücken befinden, die, weil sie

[1]) *H. Puchner.* Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 13.

einen mehr oder weniger großen Theil des Raumes in Anspruch nehmen, zu einer Vermehrung des Volumens des Bodens gegenüber dem dichtesten Zustande desselben Veranlassung geben.

Die Größe der betreffenden Veränderungen bei pulverförmiger Beschaffenheit des Bodenmaterials (Einzelkornstruktur) läßt sich zunächst aus den diesbezüglichen Untersuchungen von *H. Puchner* ermessen. Derselbe rührte die verschiedenen Erdarten mit Wasser zu einem Brei an, der, um die Luft aus demselben möglichst zu entfernen, so lange unter der Luftpumpe behandelt wurde, bis keine Gasblasen mehr aufstiegen, worauf der Brei in Blechgefäße entleert und an einem warmen Ort getrocknet wurde. Die auf diese Weise möglichst dicht erhaltenen Bodenkuchen wurden, nachdem ihr Volumen genau bestimmt worden, gepulvert, worauf das Niveau notirt wurde. Ueber die Ergebnisse dieser Versuche geben die folgenden Tabellen Auskunft.

Bodenart		Korngröße mm	Volumzunahme in Proz. des Anfangsvolumens
Quarzsand	I	0,01 —0,071	33,42
»	II	0,071—0,114	24,00
»	III	0,114—0,171	12,52
»	IV	0,171—0,250	4,88
»	I—VII	0,01 —2,000	16,23.

	Korngröße mm	Verschiedene Bodengemische
Kaolin	0,0—0,25	216,64
2 Kaolin + 1 Quarz		91,09
1 Kaolin + 2 Quarz		52,00
Quarz		24,89
2 Quarz + 1 Humus		30,44
1 Quarz + 2 Humus		35,82
Humus		45,60
2 Humus + 1 Kaolin		110,80
1 Humus + 2 Kaolin		184,25.

Wenngleich diese Daten in Rücksicht darauf, daß die Mehrzahl der normal bearbeiteten Böden sich nicht im pulverförmigen, sondern im krümeligen Zustande befindet, sowie, daß die angewendete Substanzmenge (ca. 100—250 ccm) eine unzulängliche war, nicht ohne Weiteres,

namentlich nicht bezüglich der absoluten Größe der Volumveränderung der Materialien, zur Beurtheilung der bezüglichen Erscheinungen in der Praxis verwerthet werden können, so sind dieselben gleichwohl geeignet, für das relative Verhalten der verschiedenen Bodenarten einen Maßstab abzugeben. Mit dieser Beschränkung wird aus den mitgetheilten Zahlen gefolgert werden dürfen, daß die durch die Lockerung (Pulverisirung) des Bodens hervorgerufene Volumvermehrung bei dem Thon am größten, bei dem Quarzsand am geringsten ist, während der Humus in dieser Beziehung ein mittleres Verhalten zeigt, ferner, daß bei sandigen Böden die in bezeichneter Richtung bewirkte Erhöhung der Raumerfüllung um so größer ist, je feiner die Partikel sind und bei einer bestimmten Korngröße (> 0,25 mm) auf Null herabsinkt.

Aehnliche Beobachtungen wurden von dem Referenten bei Quarzsand und gepulvertem humosen Diluvialsand (0,0—0,25 mm) gemacht, welche im trockenen Zustande in ein 0,25 Liter fassendes Gefäß so dicht wie möglich, andererseits locker eingefüllt wurden. Aus den Bestimmungen des Volumgewichtes[1]) wurde das Volumen gleicher Gewichtstheile (1 kg) und hiernach die Volumvermehrung durch die lockere Lagerung berechnet. Die bezüglichen Ergebnisse lassen sich aus folgender Tabelle ersehen:

Bodenart	Korngröße mm	Beschaffenheit des Materials	Volumgewicht	1 kg des Bodens nimmt einen Raum ein von ccm	Volumvermehrung durch die Lockerung
Quarzsand I	0,01 —0,071	dicht locker	1,541 1,453	648,93 688,23	— 6,06 %
Quarzsand III	0,114—0,171	dicht locker	1,534 1,490	651,89 671,14	— 2,9 %
Humoser Diluvialsand	0,0—0,25	dicht locker	1,326 1,145	754,15 873,36	— 15,8 %
Humoser Diluvialsand	0,0—0,25	dicht locker	1,253 0,892	798,08 1121,30	— 40,6 %

Wie man sieht, wird das Volumen des humosen Bodens durch das Lockern in höherem Grade vergrößert als dasjenige des Quarzsandes,

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 349.

bei welchem wiederum der gröbere eine geringere Volumzunahme erfährt als der feine.

Aus den einschlägigen Mittheilungen *H. Puchner's* wird angenommen werden können, daß die in vorbezeichneter Richtung bestehenden Unterschiede auf solche in der Gasadsorption, in den Widerständen, welche sich dem Austritt der Luft entgegenstellen und zum Theil in dem spezifischen Gewicht der Bodenmaterialien beruhen. Je feiner die Partikel sind, um so größere Mengen von Luft nimmt die gepulverte Bodenmasse auf, und giebt sie dieselbe um so schwerer ab, und dies um so mehr, je niedriger das spezifische Gewicht der Theilchen ist. Aus diesem Grunde wird bei dem äußerst feinkörnigen leichteren Thon das Volumen durch das Pulvern in einem viel höheren Maße vermehrt als bei dem gröberen schwereren Sande. Wenn der Humus in den von *Puchner* angestellten Versuchen in Bezug auf die Volumausdehnung dem Thon nachstand, so beruht dies darauf, daß derselbe, trotzdem er durch dasselbe Sieb (0,25 mm) gegangen war, dennoch wesentlich gröber war als der Kaolin.

Bei der Bearbeitung der Böden in dem landwirthschaftlichen Betriebe werden dieselben nur in selteneren Fällen in den pulverförmigen Zustand (Einzelkornstruktur) übergeführt, vielmehr wird danach getrachtet, sie in eine krümelige Masse (Krümelstruktur) zu verwandeln. In welchem Grade in letzterem Fall eine Vermehrung des Bodenvolumens herbeigeführt wird, lassen die *Puchner*'schen Versuche nicht erkennen, weshalb sich Referent veranlaßt sah, nach dieser Richtung einige ziffernmäßige Belege ausfindig zu machen. Hierbei handelte es sich zunächst darum, das Volumen des Bodens bei natürlicher Lagerung der Bodentheilchen (Gefüge) festzustellen. Zu diesem Zweck wurde Lehmpulver in ein 1 Liter fassendes, mit einem durchlöcherten Boden versehenes Blechgefäß unter festem Einstampfen jeder 1 cm hohen Schicht mittelst eines Stempels gefüllt, worauf das Gefäß auf eine Wasserschicht gestellt wurde, damit sich der Boden mit Wasser sättigen konnte. Nachdem dies geschehen und der Boden sich unter einer Belastung von 10 kg 3 Tage lang befunden hatte, wurde das Gefäß an einen warmen Ort verbracht und dort so lange belassen, bis der Lehm vollständig trocken war. Hierauf wurde das Volumen des aus dem Gefäß herausgenommenen Erdzylinders durch Messung bestimmt und danach das Volumgewicht berechnet. Dasselbe

betrug: 1,647. Von demselben Lehm wurde andererseits ein Pulver hergestellt, welches durch ein Sieb von 0,25 mm Maschenweite gesiebt wurde, während man ebenfalls durch Siebe andererseits ein Gemisch von Krümeln herstellte, welche einen Durchmesser von 0,5—9,0 mm besaßen. Die Bestimmungen der Volumgewichte und der daraus berechneten Volumina lieferten folgendes Ergebniß:

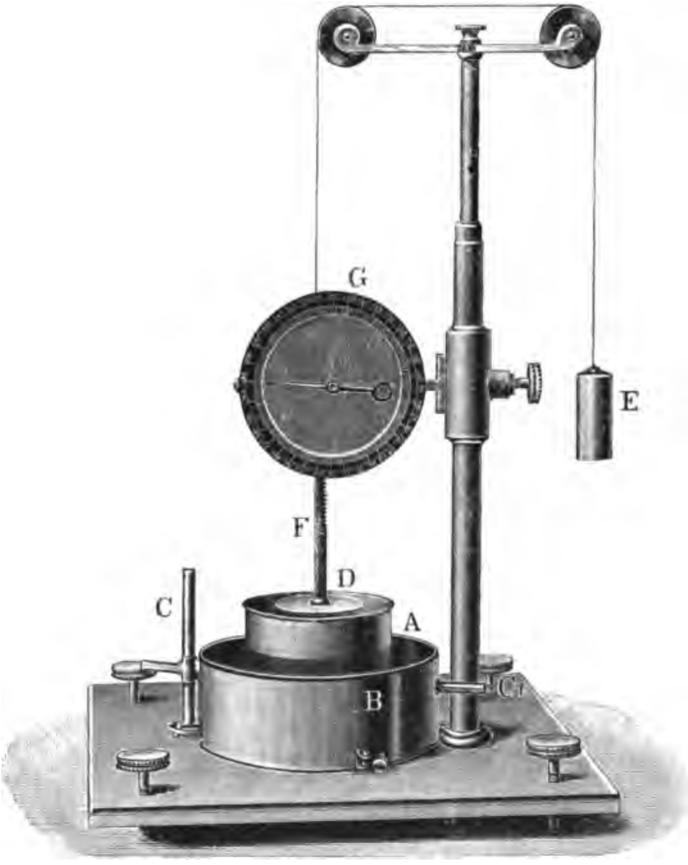
	Volumgewicht	1 kg des Bodens nimmt einen Raum ein von ccm	Volumvermehrung durch Lockerung %
I. Lehm pulverförmig, dicht	1,647	607,16	—
» » locker	1,246	802,57	**32,2**
» krümelig, locker	1,178	848,89	**39,8**
II. Lehm pulverförmig, dicht	1,647	607,16	—
» » locker	1,233	811,03	**33,6**
» krümelig, locker	1,160	862,07	**41,9.**

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache, daß durch die Lockerung des Bodens das Volumen desselben eine ziemlich beträchtliche Vermehrung erfährt, und zwar durch das Krümeln in einem höheren Maße als durch das Pulvern. Daß der Raum, welchen die Bodenmasse im natürlichen Gefüge einnimmt, durch die Krümelbildung vergrößert wird, erklärt sich in einfacher Weise aus der Thatsache, daß zwischen den Aggregaten mehr oder weniger weite, von Luft erfüllte Lücken entstehen. Analog wie der Lehm verhalten sich alle Bodenarten, welche eine Neigung zur Krümelbildung besitzen[1]), von den lehmigen Sand- bis zu den Thonböden, sowie die humusreichen Bodenarten. Bei diesen dürfte die bei normaler Bearbeitung erzielte Volumvermehrung je nach Umständen etwa 15—40% und nur in extremen Fällen (Humusböden) mehr als 40% betragen. Bei den an organischen und feinerdigen Bestandtheilen armen Sandböden, welche nur bei einem gewissen höheren Wassergehalt Aggregate, die ungemein leicht bei der Austrocknung zerfallen, bilden, ist die Volumvermehrung bei der Auflockerung meist ungleich geringer als bei den vorbezeichneten Böden, und im Uebrigen abhängig von der Korngröße, d. h. um so größer, je feiner die Körnchen sind und umgekehrt.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 441.

II. Volumveränderungen des gelockerten Bodens bei der Anfeuchtung und Austrocknung.

Zum Studium der Veränderungen, welche die Böden hinsichtlich ihrer Raumerfüllung erleiden, wenn dieselben einerseits im trockenen Zustande angefeuchtet werden, andererseits bei feuchter Beschaffenheit



Figur 1.

der Austrocknung ausgesetzt sind (III), benutzte Referent einen Apparat, der, wie folgt, konstruirt war. Das Gefäß A (Fig. 1), von 5 cm Durchmesser und 2,5 cm Höhe, mit einem durchlöcherten Boden versehen, diente zur Aufnahme des Versuchsmaterials und stand in einem weiteren Gefäß B, welches bis zum Boden des ersteren auf konstanter Höhe

mittelst der Zu- und Abflußvorrichtung C und C1 mit destillirtem Wasser gefüllt werden konnte. Auf der Oberfläche des Erdreiches, welche nach der Beschickung mit dem Rande des Gefäßes abgeglichen war, lag die durch das aus einem kleinen zylindrischen Gefäß bestehende Gegengewicht E balancirte Platte D mit der Stange F. Die an dem oberen Ende derselben angebrachte Verzahnung stand mit einem kleinen sorgfältig gearbeiteten Zahnrade in Verbindung, an dessen Achse sich ein über die Scheibe G drehbarer Zeiger befand. Bei der Zusammenziehung oder Ausdehnung des Bodens bewegte sich letzterer über die an der Peripherie der Scheibe angebrachte Skala, welche in 360 Grade getheilt war, von welchen jeder einer Verschiebung der Stange in vertikaler Richtung von 0,039 mm entsprach.

Mittelst dieses Apparates war es natürlich nur möglich, die Volumveränderungen in senkrechter Richtung genau zu messen, während jene in horizontaler Richtung gesondert festgestellt werden mußten. Dies geschah mit Hilfe eines Millimetermaßes, mit welchem der Durchmesser der Erdzylinder nach verschiedenen Richtungen unter Anwendung einer Lupe bestimmt wurde, derart, daß noch $^1/_{10}$ mm abgelesen werden konnte.

Die Versuchsmaterialien wurden zunächst in trockenem Zustande eingefüllt bis über den Rand des Gefäßes, worauf letzteres in gleichmäßiger Weise in allen Versuchen auf eine Tischplatte aufgestoßen und schließlich die Oberfläche der betreffenden Erdart mittelst einer scharfkantigen eisernen Schiene mit dem Rande des Gefäßes abgeglichen wurde. Unter solchen Umständen behielt der Boden eine mäßig lockere Beschaffenheit. Nunmehr wurde die Platte D, welche zu dem Balancirzylinder E ein kleines Uebergewicht besaß, behutsam auf die Oberfläche des Bodens herabgelassen, der Stand des Zeigers an der Skala abgelesen und destillirtes Wasser in der oben näher beschriebenen Weise in das Gefäß eingeführt. Bei der hierauf folgenden Anfeuchtung zeigten sämmtliche Böden sowohl in vertikaler als auch meistentheils in horizontaler Richtung eine Volumverminderung, welche bei der nach erfolgter Sättigung durch Entfernung des Wassers und Stehenlassen des Apparates an einem ruhigen Ort eines mäßig temperirten Zimmers eintretenden Austrocknung eine weitere Steigerung erfuhr. Die Messungen wurden erst, nachdem sich keine Volumveränderung mehr nachweisen ließ, d. h.

der Boden vollständig lufttrocken geworden war, vorgenommen. Die Verdunstung der Feuchtigkeit nahm wegen des geringen Umfanges der Bodenoberfläche einen ziemlich langen Zeitraum in Anspruch, derart, daß die Versuche, zu deren Ausführung nur ein Apparat zur Verfügung stand, mit Einschluß derjenigen, in welchen weiterhin die Ausdehnung der Erdproben bei der Wiederanfeuchtung bestimmt wurde (Abschnitt III), sich auf ca. 5 Jahre erstreckten.[1])

Die Ergebnisse sind in folgender Uebersicht zusammengestellt:

Volumverminderung des lockeren Bodens durch Sättigung mit Wasser und nachfolgende Austrocknung.

a) Verschiedene Feinheit der Bodentheilchen.

Bodenart		Korngröße	Nach der Austrocknung		Volumen der Erdprobe	Volumverminderung in % des Anfangsvolumens
			Durchmesser des Erdzylinders	Höhe des Erdzylinders		
		mm	mm	mm	ccm	(49,062 ccm)
Quarzsand	I.	0,010—0,071	49,5	25,253	48,574	**0,99**
»	II.	0,071—0,114	50,0	24,958	48,980	**0,17**
»	III.	0,114—0,171	50,0	24,961	48,986	**0,15**
»	IV.	0,171—0,250	50,0	24,976	49,015	**0,11**
»	V.	0,250—0,500	50,0	25,000	49,062	**0,00**

Wie aus diesen Daten ersichtlich ist, war die Volumverminderung des Quarzsandes unter den gegebenen Bedingungen innerhalb sehr enger Grenzen eine um so größere, je feinkörniger das Material war. Bei dem Quarzsand V konnte keine Volumveränderung nachgewiesen werden.

b) Einzelkorn- und Krümelstruktur.

Bodenart	Beschaffenheit des Bodens	Korngröße	Nach der Austrocknung		Volumen der Erdprobe	Volumverminderung in % des Anfangsvolumens
			Durchmesser des Erdzylinders	Höhe des Erdzylinders		
		mm	mm	mm	ccm	(49,062 ccm)
Lehm	pulverförmig	0,00—0,25	48,5	20,476	37,811	**22,93**
	krümelig	0,50—6,75	48,5	24,844	45,877	**6,49**

Hiernach hatte der pulverförmige Boden in Folge der Durchfeuchtung und Austrocknung eine beträchtlich größere

[1]) Die mit den fünf Torfproben aus dem Donaumoor angestellten Versuche erforderten an sich allein einen Zeitraum von zwei Jahren.

Volumverminderung erfahren als der krümelige. Damit steht eine anderweitige an dieser Stelle nebenbei anzuführende Beobachtung in Einklang, welche bei Gelegenheit von Vegetationsversuchen im Lehmboden von verschiedener Struktur gemacht wurde. Die zylinderförmigen Gefäße waren mit 9200 gr Erde im lufttrockenen Zustande beschickt worden. Dieselbe nahm ein Volumen von 8835,5 ccm ein. Bei der Durchfeuchtung des Lehmes, welche mit Hilfe einer Spritzflasche bewirkt wurde, nahm das Volumen des pulverförmigen Bodens in höherem Grade ab als dasjenige des krümeligen, wie die folgenden Zahlen darthun, welche nach Beendigung der Vegetationsversuche bei dem feuchten Material ermittelt wurden:

Lehm	Volumen des Bodens ccm	Volumabnahme in % des Anfangsvolumens (8835,5 ccm)
I. Pulverförmig	7853,8	**11,11**
Krümelig	8541,0	**3,33**
II. Pulverförmig	7500,3	**15,11**
Krümelig	8430,6	**4,58.**

c) Verschiedene Bodenkonstituenten.

1. Mineralische Bestandtheile.

In diesen Versuchen wurden benutzt Kaolin und Quarz (0,00 bis 0,071 mm), welche durch kalte Salzsäure und Aussüßen mit Wasser von löslichen Bestandtheilen gereinigt worden waren, außerdem kohlensaurer Kalk, schwefelsaurer Kalk und Eisenoxydhydrat, welche durch Fällung gewonnen wurden. Die Ergebnisse der mit diesen Materialien angestellten Versuche lassen sich aus folgender Tabelle entnehmen:

Bodenart	Korngröße mm	Nach der Austrocknung: Durchmesser des Erdzylinders mm	Nach der Austrocknung: Höhe des Erdzylinders mm	Volumen der Erdprobe ccm	Volumverminderung in % des Anfangsvolumens (49,062 ccm)
Kaolin . . .	0,0—0,071	43,4	19,969	29,465	**39,92**
Quarz . . .	0,0—0,071	49,5	25,253	48,574	**0,99**
Kohlensaurer Kalk	0,0—0,071	50,0	24,363	47,812	**2,55**
Schwefelsaurer »	0,0—0,071	50,0	24,959	48,782	**0,57**
Eisenoxydhydrat	0,0—0,071	50,0	25,000	49,062	**0,00**

Von den mineralischen Bodenkonstituenten hatte mithin der Thon (Kaolin) die größte Volumverminderung erfahren, während dieselbe bei den übrigen Materialien nur eine geringfügige, bei dem Eisenoxydhydrat sogar gleich Null war. Nur der kohlensaure Kalk hob sich in Etwas von den nichtthonigen Bestandtheilen in der in Rede stehenden Beziehung ab.

2. Organische Bestandtheile.

Als solche kamen in Anwendung: 1. Zuckerhumus, aus Rohzucker mittelst Schwefelsäure dargestellt; 2. Humus, welcher aus Torf bereitet worden war, und zwar in der Weise, daß letzterer zunächst mit Aether und Alkohol ausgekocht und ausgewaschen, dann getrocknet und schließlich wiederholt mit Salzsäure erhitzt und mit destillirtem Wasser ausgesüßt wurde; 3. Humussäure, gewonnen durch Behandlung von Torf mit verdünnter Kalilauge, Zersetzung des Kalihumates mit Salzsäure, Auswaschen der gefällten Humussäure mit destillirtem Wasser, Trocknen derselben an der Luft und schließlich Pulvern und Sieben der Masse; 4. Torfproben aus verschiedenen Tiefen des Donaumoors bei Neuburg a. D., von Karlshuld bezogen. Die Maschenweite des Siebes, durch welche diese Materialien gesiebt wurden, betrug bei 1—3: 0,114 mm, bei 4 : 0,25 mm. Die Versuchsresultate weist folgende Tabelle nach:

Bodenart	Kohlenstoffgehalt der lufttrockenen Substanz	Nach der Austrocknung		Volumen der Erdprobe	Verminderung (—) resp. Vermehrung (+) des Volumens in % des Anfangsvolumens (49,062 ccm)
		Durchmesser des Erdzylinders mm	Höhe des Erdzylinders mm	ccm	
1. Zuckerhumus	—	49,0	25,390	47,850	— 2,47
2. Humus	—	48,0	25,663	46,414	— 5,39
3. Humussäure	—	42,8	36,006	51,780	+ 5,54
Bodentiefe:					
4. Torf aus dem Donaumoor I. 0,0—0,2 m	40,12%	45,0	34,251	54,446	+ 10,97
II. 0,2—0,5 »	42,64 »	45,0	36,396	57,851	+ 17,91
III. 0,5—0,8 »	42,80 »	42,5	34,914	49,488	+ 0,87
IV. 0,8—1,1 »	44,05 »	41,0	37,020	48,833	— 0,47
V. 1,1—1,4 »	45,24 »	42,0	34,680	48,021	— 2,12

Diese Zahlen zeigen, daß der Zuckerhumus, der Humus, sowie die Torfproben aus den tieferen Schichten durch die An-

feuchtung und die nachfolgende Austrocknung eine Volumverminderung, daß dagegen die Humussäure und die Torfproben aus den oberen Schichten des Moores unter gleichen Verhältnissen eine Vermehrung ihres Volumens erfahren hatten.

d) Bodengemische.

Die Bodengemische wurden aus Kaolin und Quarzpulver (Quarzsand I), aus letzterem und Humus und aus diesem und Kaolin dem Volumen nach hergestellt. Nachdem sich gezeigt hatte (vergl. obige Tabelle), daß der aus Torf hergestellte Humus durch die Behandlung mit Aether und Alkohol sowie mit Salzsäure andere Eigenschaften angenommen hatte als die natürlichen Humuskörper, wurden in einer weiteren Reihe die Gemenge mit Torfpulver aus dem Donaumoor (Nr. III) bereitet. Die in gleicher Weise wie in den bisher mitgeteilten Versuchen behandelten Böden wiesen die aus nachfolgender Tabelle ersichtlichen Volumveränderungen auf.

Bodengemische	Nach der Austrocknung		Volumen der Erdprobe	Verminderung (−) resp. Vermehrung (+) des Volumens in % des Anfangsvolumens
	Durchmesser des Erdzylinders mm	Höhe des Erdzylinders mm	ccm	(49,062 ccm)
Kaolin	43,4	19,969	29,465	−39,92
2 Kaolin + 1 Quarz	44,8	20,810	32,788	−33,17
1 Kaolin + 2 Quarz	46,9	22,528	38,942	−20,63
Quarz	49,5	25,253	48,574	− 0,99
2 Quarz + 1 Humus	48,9	25,361	47,656	− 2,86
1 Quarz + 2 Humus	48,4	25,458	46,812	− 4,58
Humus	48,0	25,663	46,414	− 5,39
2 Humus + 1 Kaolin	45,5	23,059	37,465	−23,63
1 Humus + 2 Kaolin	44,1	20,827	31,794	−35,19
Kaolin	43,4	19,969	29,465	−39,92
2 Kaolin + 1 Quarz	44,8	20,810	32,788	−33,17
1 Kaolin + 2 Quarz	46,9	22,528	38,942	−20,63
Quarz	49,5	25,253	48,574	− 0,99
2 Quarz + 1 Torf	47,6	27,925	49,665	+ 1,23
1 Quarz + 2 Torf	46,0	30,070	49,949	+ 1,81
Torf	42,5	34,914	49,488	+ 0,87
2 Torf + 1 Kaolin	43,0	28,490	41,347	−15,72
1 Torf + 2 Kaolin	43,0	23,038	33,435	−31,84

Zieht man die erste Tabelle in Betracht, so ergiebt sich, daß alle Böden ihr Volumen vermindert hatten, und zwar um so mehr, je größer deren Gehalt an Thon (Kaolin) war, und um so weniger, je größer die in ihnen enthaltenen Quarzmengen waren. Der Humus, welcher an sich eine relativ geringe, aber doch eine beträchtlichere Volumveränderung als der Quarz aufzuweisen hatte, gab in den Gemischen mit Quarz zu einer Steigerung der Volumabnahme nach Maßgabe des Antheils, welchen er an der Zusammensetzung der Masse nahm, Veranlassung, während in den Gemischen desselben Bestandtheils mit Thon die umgekehrten Verhältnisse in die Erscheinung traten.

In der zweiten Tabelle wiesen die Gemenge von Thon und Torf dasselbe Verhalten wie in der ersten auf, d. h. die Volumverminderung derselben nimmt mit steigendem Thongehalt zu, mit der Vermehrung der Humusmenge ab. Aber der Humus selbst, und besonders die Gemenge desselben mit Quarz zeigen insofern Abweichungen gegenüber den entsprechenden Materialien in der ersten Tabelle, als der Humus nicht eine Ab-, sondern eine Zunahme seines Volumens erfahren hatte, die sich auch bei den Gemengen mit Quarz geltend machte.

e) Einfluß von Hydraten und Salzen.

Behufs Feststellung des Einflusses chemischer Agentien auf die Volumveränderungen des Bodens wurden solche Hydrate resp. Salze ausgewählt, welche einerseits eine dichte Lagerung der Bodentheilchen bewirken (Kalihydrat, kohlensaures Kali), andererseits zur Bildung von Aggregaten (Flocken oder Krümeln) Veranlassung geben (Kochsalz, Natronsalpeter, Kalkhydrat)[1]. Diese Substanzen wurden in einer Menge von 1 % der Bodenmasse mit Kaolin durch Verreiben und Sieben auf das Innigste vermengt. Die durch die Anfeuchtung und Austrocknung hervorgerufenen Volumveränderungen der Materialien können aus nachstehender Uebersicht ersehen werden:

[1]) Vergl. diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 251 und 441. — Bd. XII. 1889. S. 396. — Bd. XVI. 1893. S. 229 und 230. — Bd. XVIII. 1895. S. 455. — Bd. XIX. 1896. S. 48.

Bodenart	Nach der Austrocknung		Volumen der Erdprobe	Volumverminderung in % des Anfangsvolumens
	Durchmesser des Erdzylinders mm	Höhe des Erdzylinders mm	ccm	(49,062 ccm)
Kaolin ohne Zusatz	43,4	19,969	29,465	**39,92**
» mit KOH	42,0	20,128	27,871	**43,19**
» » K_2CO_3	42,0	20,649	28,593	**41,72**
» » NaCl	45,0	22,426	35,646	**27,34**
» » $NaNO_3$	44,0	24,234	36,831	**24,93**
» » $Ca(OH)_2$	48,0	25,702	46,485	**5,25**

Die Kontraktion des Thones war sonach durch die Zufuhr von Kalihydrat und kohlensaurem Kalk verstärkt, durch diejenige von Chlornatrium, Natronsalpeter und in ganz außerordentlicher Weise von Kalkhydrat vermindert.

Ueber die Ursachen der bisher geschilderten Erscheinungen mögen folgende Bemerkungen hier eine Stelle finden. Pulverförmige Beschaffenheit vorausgesetzt, enthält jeder lockere Boden, d. h. also in dem Zustande, in welchem er in den vorliegenden Versuchen in die Gefäße gefüllt wurde, eine höhere oder geringere Zahl größerer mit Luft erfüllter Hohlräume, welche sich bei der *Durchfeuchtung* des Materials in Folge der Verdrängung der Luft durch das Wasser, sowie durch die durch letzteres bedingte gleichmäßigere Vertheilung der Partikel und durch die Annäherung derselben durch die auf deren Oberfläche sich bildenden Flüssigkeitsschichten verkleinern. Aus diesem Grunde findet in jedem pulverförmigen Boden in mehr oder weniger lockerem Zustande lediglich durch die Durchfeuchtung in der Mehrzahl der Fälle eine Kontraktion statt, die in einer Volumverminderung der Masse äußerlich in die Erscheinung tritt. Wenn letztere in den vorstehend mitgetheilten Untersuchungen nicht besonders festgestellt wurde, so ist dies darin begründet, daß ursprünglich beabsichtigt war, dem Boden durch die Sättigung mit Wasser und die nachfolgende Austrocknung eine dichtere Beschaffenheit zu ertheilen und ihn dadurch für die Versuche über die Ausdehnung bei nachfolgender Anfeuchtung, welche hauptsächlich in das Auge gefaßt waren, vorzubereiten. Abgesehen hiervon, ließ sich aber schon durch oberflächliche Beobachtung, besonders durch die Bewegung des Zeigers an dem Apparat in den meisten Versuchen, mit Ausnahme derjenigen,

welche mit den nicht gemischten Humussubstanzen angestellt waren, eine Abnahme des Volumens deutlich wahrnehmen, wenn der Boden mit Wasser gesättigt wurde.

Die Wirkungen, welche in bezeichneter Richtung hervortreten, sind bei den verschiedenen Bodenarten außerordentlich verschieden. Sie machen sich, wie gezeigt, in stärkstem Maße geltend bei dem Thon, welcher im pulverförmigen Zustande sehr bedeutende Luftmengen einschließt und dieselben wegen der großen Feinheit seiner Theilchen ungemein schwer abgiebt[1]). Ein solcher Boden besitzt, selbst wenn er in ein Gefäß eingerüttelt und eingedrückt wird, noch so viel Luft, daß er bei der Benetzung mit Wasser und dem dadurch bedingten Zusammenfall der größeren Lücken eine ziemlich beträchtliche Kontraktion erleidet, trotz seines Gehaltes an kolloïdalen Bestandtheilen, welche bei der Imbibition mit Wasser sich ausdehnen und an sich zu einer Volumvermehrung der Masse Veranlassung geben würden, wenn nicht in Folge des Vorhandenseins jener bedeutenden Luftmengen die Lagerung der Theilchen eine so ungemein lockere wäre.

Bei dem Humus kommen die kolloïdalen Bestandtheile nur dann zur Geltung, wenn dieselben in größeren Mengen in demselben vorkommen. In diesem Falle erfährt die Masse in Folge der Anfeuchtung meistentheils eine Zunahme des Volumens, selbst bei lockerer Lagerung der Theilchen. Dies gilt besonders von den natürlichen Humuskörpern, in den vorliegenden Versuchen von den verschiedenen Torfsorten, welche bei der Durchfeuchtung nicht wie der Thon eine Verminderung, sondern eine mehr oder weniger beträchtliche Vermehrung ihres Volumens aufzuweisen hatten. Auch die Humussäure zeigte ein solches Verhalten, dagegen war bei dem Humus, welcher aus Torf durch Behandlung desselben mit Aether und Alkohol, sowie mit Salzsäure hergestellt worden war, die betreffende Volumveränderung eine ungleich geringere, und bei dem aus Zucker mittelst Schwefelsäure bereiteten Zuckerhumus eine geringfügige, ein Beweis dafür, daß durch die Einwirkung der bezeichneten chemischen Agentien durchgreifende Aenderungen in den physikalischen Eigenschaften des Torfes herbeigeführt worden waren, resp. daß der Zuckerhumus überhaupt eine andere Beschaffenheit besitzt als die natürlichen Humusformen.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 12.

Der Sand, dessen Theilchen schon wegen ihres vergleichsweise größeren Gewichtes sich enger aneinanderlagern und aus welchem die Luft leicht zu entweichen vermag, besitzt in Folge dessen schon von Hause aus ein dichteres Gefüge als der Thon und Humus und zeigt aus diesem Grunde, letzteren Bodenarten gegenüber, die geringste Einbuße in seinem Volumen, so bald er Wasser aufnimmt.

Enstprechend den geschilderten Eigenthümlichkeiten der einzelnen Hauptbodengemengtheile verhalten sich im Allgemeinen die Gemische derselben. Die Gemenge aus Thon und Sand erfahren bei der Anfeuchtung eine Abnahme der Kontraktion in dem Grade, als der Sandgehalt zunimmt. In den aus Humus und Sand bestehenden Materialien macht sich je nach der physikalischen Beschaffenheit des ersteren eine Volumverminderung oder -vermehrung mit Steigerung der Humusmengen geltend, und bei den Gemengen aus Humus und Thon ist die Zusammenziehung unabhängig von den Eigenschaften des ersteren und wird hauptsächlich von dem Thon beherrscht, in der Weise, daß mit der Vermehrung des letzteren die Kontraktion sich verstärkt.

Ein sehr beträchtlicher Unterschied in der Volumveränderung macht sich zwischen dem Zustand der Einzelkorn- und Krümelstruktur eines und desselben Bodens bei der Benetzung mit Wasser bemerkbar, insofern im letzteren Falle der Raum, welchen die Substanz einnimmt, sich, wie nachgewiesen, in ungleich geringerem Grade verkleinert als in jenem. Dies läßt sich aus dem Umstande erklären, daß der pulverförmige Boden durch das Wasser, welches ihm auf kapillarem Weg oder langsam in Mengen zugeführt wird, welche zur Sättigung ausreichend sind, in der oben geschilderten Weise quasi zusammengeschwemmt wird, während bei solcher Art der Durchfeuchtung dasselbe Material bei krümeliger Beschaffenheit in den sogen. nichtkapillaren Hohlräumen mit Luft erfüllt bleibt und im Uebrigen sich in demselben keine größeren, die Bodentheilchen in lockerer Lagerung erhaltenden Luftmengen vorfinden. Außerdem wäre noch zu berücksichtigen, daß die Aufnahme des Wassers von unten nach oben in dem krümeligen Erdreich viel langsamer erfolgt als in dem pulverförmigen [1]), sowie, daß letzteres bei der Zufuhr von oben wegen langsamen Eindringens des Wassers in's Fließen kommt, wohingegen

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 279.

ersteres in Folge schneller Abfuhr der Flüssigkeit in den nichtkapillaren Hohlräumen vor dem Zusammenschlämmen geschützt ist.

Wird der durchfeuchtete lockere Boden der ***Austrocknung*** ausgesetzt, so zieht er sich noch mehr zusammen, weil einerseits die Kolloïdsubstanzen bei dem Wasserverlust ihr Volumen vermindern und andererseits sich auch in Folge der gegenseitigen Anziehung der Partikel Attraktionskräfte geltend machen, welche eine dichtere Aneinanderlagerung bewirken. Indem der Thon (Kaolin) unter den Mineralböden mit den reichsten Mengen von kolloïdalen Bestandtheilen und in Folge der außerordentlichen Feinheit der Partikel mit den stärksten Attraktionskräften ausgestattet ist, ist derselbe bei der Austrocknung durch eine sehr bedeutende Kontraktion der Masse ausgezeichnet, die in dem Grade abnimmt, als demselben größere Sandmengen (Quarz) beigemengt sind. Der Sand selbst zeigt wegen des vollständigen Mangels an Kolloïdsubstanzen eine ganz unbedeutende Verminderung seines Volumens, wenn das Wasser aus ihm verdunstet.

Die natürlichen Humussubstanzen, welche bereits bei lockerer Lagerung ihrer Theilchen bei der Anfeuchtung ihr Volumen vermehrt hatten, ziehen sich bei der Austrocknung stark zusammen. Dasselbe trifft auch für die Humussäure zu, aber in viel geringerem resp. in einem unbedeutenden Maße für das hier mit «Humus» bezeichnete Material bezw. für den Zuckerhumus. Die natürlichen Humusubstanzen nehmen hierbei ihr ursprüngliches Volumen annähernd wieder ein (Torf III—V), oder zeigen, wie die Torfsortimente I und II, gleichergestalt wie die Humussäure eine Vergrößerung desselben, wenn sie lufttrocken geworden sind. Letzteres beruht wahrscheinlich darauf, daß die Theilchen, welche bei der Ausdehnung eine andere Lage erhalten haben, nur zum Theil dieselbe bei der nachfolgenden Austrocknung bewahren.

Diese Darlegungen über das Verhalten der einzelnen Bodengemengtheile sind gleichzeitig zur Erklärung der Erscheinungen heranzuziehen, welche sich bei den Gemischen derselben geltend machten, weshalb eingehendere Ausführungen in letzterer Beziehung überflüssig erscheinen.

Dafür, daß der pulverförmige Boden (Lehm) gegenüber dem krümeligen eine sehr viel beträchtlichere Einbuße in seinem Volumen erlitten hatte, spricht die Thatsache, daß sich bei jenem die Bodentheilchen bei der Austrocknung gegenseitig anziehen, während bei diesem zwar die

Aggregate sich ähnlich verhalten, aber jedes für sich, ohne ihre Nachbarn näher an sich zu reißen; die einzelnen Krümelchen sind allerdings nach dem Austrocknen kleiner geworden, die Folge aber ist nur die, daß dadurch die Zwischenräume (nichtkapillare Hohlräume) größer geworden sind, ohne daß ihr Gesammtvolumen eine wesentliche Aenderung erfahren hätte *(F. Haberlandt)*[1]).

Die Ursachen der Erscheinungen, welche bei dem mit Hydraten und Salzen behandelten Thon hervortraten, anlangend, so sind dieselben auf die bekannten Wirkungen dieser Agentien auf die Lagerung der Partikel dieser Bodenart zurückzuführen. Von dem Kalihydrat und dem kohlensauren Kali ist nachgewiesen worden, daß diese eine dichte Aneinanderlagerung der Theilchen herbeiführen, weshalb die Volumverminderung bei der Benetzung und weiterhin bei der Austrocknung eine größere war als bei dem Thon ohne Beimengung. Wenn andererseits die Abnahme des Volumens bei dem mit Kochsalz und Natronsalpeter versetzten Thon vergleichsweise nicht unwesentlich geringer ausfiel als bei dem reinen Material, so beruht dies darauf, daß die bezeichneten Salze zu einer Aggregatbildung Veranlassung geben, durch welche die Masse eine lockere Beschaffenheit erhält. In gleicher Richtung erweist sich das Kalkhydrat von Einfluß, welches den Thon locker erhält und zwar in höherem Maße als die Chloride und Nitrate, weil letztere zum Theil in das zugeführte Wasser durch Diffusion übertreten, während jenes wegen seiner geringen Löslichkeit dem Boden größtentheils erhalten bleibt.

III. Volumveränderungen des trockenen und dicht gelagerten Bodens bei der Anfeuchtung.

In dieser Reihe wurden die Böden verwendet, welche durch Anfeuchtung und Austrocknung eine dichtere Masse gebildet hatten, indem dieselben, nachdem sie keinerlei Volumveränderungen zeigten, auf kapillarem Wege von unten her mit Wasser gesättigt wurden.

---

[1]) *F. Haberlandt.* Der allgemeine landwirthschaftliche Pflanzenbau. Wien. 1879. S. 397.

a) Verschiedene Feinheit der Bodentheilchen.

Bodenart	Korngröße mm	Trocken: Durchmesser d. Erdzylinders mm	Trocken: Höhe d. Erdzylinders mm	Feucht: Durchmesser d. Erdzylinders mm	Feucht: Höhe d. Erdzylinders mm	Volumen: trocken ccm	Volumen: feucht ccm	Volumzunahme in Folge der Anfeuchtung %
Quarzsand I.	0,010—0,071	49,5	25,253	50,0	26,735	48,574	52,466	8,01
» II.	0,071—0,114	50,0	24,958	50,0	26,228	48,980	51,472	5,09
» III.	0,114—0,171	50,0	24,961	50,0	25,273	48,986	49,598	1,25
» IV.	0,171—0,250	50,0	24,976	50,0	25,171	49,015	49,398	0,78
» V.	0,250—0,500	50,0	25,000	50,0	25,000	49,062	49,062	0,00

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache, daß der Sand von einer bestimmten Grenze (0,25 mm) eine mit der Feinheit des Kornes zunehmende Volumvermehrung bei der Durchfeuchtung aufzuweisen hat. Dieses Resultat muß auf den ersten Blick insofern überraschen, als der Quarzsand keinerlei Substanzen enthält, welche bei dem Anfeuchten aufquellen, und als man geneigt sein könnte, anzunehmen, daß die kapillaren Hohlräume sich bei dem Zutritt von Wasser lediglich sättigen würden und daß demzufolge bei der in Rede stehenden Bodenart unter den obwaltenden Verhältnissen eine Volumveränderung sich überhaupt nicht bemerkbar machen könne. Daß dies nicht der Fall ist, vielmehr eine Ausdehnung in den Volumen eintritt, die bei dem feinsten Material nicht unbedeutend ist, deutet darauf hin, daß bei der Sättigung eine Verschiebung der Bodentheilchen durch das Wasser hervorgerufen wird. In der That ist dies der Fall, wie man besonders in augenfälliger Weise bei dem mit I bezeichneten Sortiment beobachten konnte, welches den Eindruck machte, als ob die Partikel in dem Wasser aufgeschwemmt wären. Neben dem kapillar aufgenommenen Wasser wird also auch wahrscheinlich solches auf der Oberfläche der Partikel zur Bildung von Wasserhüllen verwendet, durch welche eine Trennung der Bodentheilchen von einander und dementsprechend eine Volumvermehrung der Gesammtmasse bewirkt wird. In dem Betracht, daß die bezüglichen durch Attraktion seitens der Partikel festgehaltenen Wassermengen mit der Feinheit des Kornes wachsen, wird es begreiflich, daß die Volumzunahme des dicht gelagerten Sandes bei der Anfeuchtung mit der Feinheit des Kornes wächst, und daß bei einem be-

stimmten Durchmesser der Theilchen sich eine solche nicht mehr bemerkbar macht.

b) Einzelkorn- und Krümelstruktur.

Das Verhalten des vorher getrockneten pulverförmigen und krümeligen Lehmes bei der Anfeuchtung ist aus folgender Tabelle ersichtlich:

Lehm	Korngröße	Trocken		Feucht		Volumen		Volumzunahme in Folge der Anfeuchtung
		Durchmesser d. Erdzylinders	Höhe d. Erdzylinders	Durchmesser d. Erdzylinders	Höhe d. Erdzylinders	trocken	feucht	
	mm	mm	mm	mm	mm	ccm	ccm	%
Einzelkornstruktur .	0,0 —0,25	48,5	20,476	50,0	21,568	37,811	42,327	**11,94**
Krümelstruktur .	0,50—6,75	48,5	24,844	50,0	25,014	45,877	49,890	**7.00**

Durch die Aufnahme von Wasser hatte mithin der krümelige Boden in ungleich geringerem Grade sein Volumen vermehrt als der pulverförmige. Zur Erklärung dieser Thatsache sind dieselben Momente heranzuziehen, welche für das Verhalten des angefeuchteten und hierauf ausgetrockneten Materials als maßgebend bezeichnet wurden, natürlich im umgekehrten Sinne (S. 24).

c) Lockere und dichte Lagerung der Bodentheilchen.

In diesen Versuchen wurden Lehm, humoser Diluvialsand und Kaolin (Thon) benutzt, und zwar im pulverförmigen Zustande[1]). Zunächst wurden die Materialien nur eingerüttelt und oberflächlich geebnet, dann wurden dieselben in gleicher Menge in die Gefäße fest eingestampft mit Hilfe eines Stempels, mit welchem jede 1 mm hohe Schicht zusammengepreßt wurde. Auch in diesen Versuchen wurde der Boden vorerst angefeuchtet, dann getrocknet und schließlich wieder von unten her gesättigt. Die Volummessungen fanden sowohl nach der Austrocknung als nach der neuerlichen Durchfeuchtung statt. Hierbei wurden folgende Resultate gewonnen:

---

[1]) Lehm und humoser Diluvialsand waren durch ein Sieb von 0,25 mm, der Kaolin durch ein solches von 0,071 mm Maschenweite gegangen.

Bodenart	Beschaffenheit des Materials	Trocken		Feucht		Volumen		Volumzunahme in Folge der Anfeuchtung
		Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	trocken ccm	feucht ccm	%
Kaolin	locker	47,3	22,231	50,0	24,571	39,042	48,220	**23,51**
	dicht	43,9	22,270	48,5	26,950	33,690	49,765	**47,72**
Lehm	locker	48,5	20,476	50,0	21,568	37,811	42,327	**11,94**
	dicht	47,0	20,326	49,5	22,356	35,243	43,002	**22,00**
Humoser Diluvialsand	locker	47,0	28,588	50,0	29,368	49,569	57,635	**16,27**
	dicht	47,0	25,897	50,0	29,095	44,903	57,099	**27,16**

Der mechanisch verdichtete Boden nahm also, wie selbstverständlich, ein kleineres Volumen ein als der lockere, wenn er angefeuchtet und darauf getrocknet wurde. Nach der darauf folgenden neuerlichen Sättigung mit Wasser zeigten die Böden im dichten Zustande eine weit stärkere Expansion als im lockeren. Im ersteren Fall kann das sich in die Poren einlagernde Wasser in höherem Maße seine Wirkung in Bezug auf das Auseinandertreiben der Theilchen äußern als dort, wo die Theilchen lockerer gelagert sind. Dasselbe gilt auch von den Kolloïdsubstanzen, die, wenn sie sich mit Wasser imbibiren, aufquellen.

d) Verschiedene Bodenkonstituenten.

1. Mineralische Bestandtheile.

Die in Reihe II. c. 1. verwendeten mineralischen Bestandtheile wurden nach der Austrocknung von Neuem durchfeuchtet und zeigten hierbei folgende Volumveränderungen:

Bodenart	Korngröße	Trocken		Feucht		Volumen		Volumzunahme in Folge der Anfeuchtung
	mm	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	trocken ccm	feucht ccm	%
Kaolin .		43,4	19,969	47,3	22,972	29,465	40,343	**36,92**
Quarz .	0,01—0,071	49,5	25,253	50,0	26,735	48,574	52,466	**8,01**
Kohlens. Kalk	0,01—0,071	50,0	24,363	50,0	26,482	47,812	51,971	**8,69**
Schwefels. »	0,01—0,071	50,0	24,959	50,0	25,040	48,782	49,141	**0,74**
Eisenoxydhydrat	0,01—0,071	50,0	25,000	50,0	28,276	49,062	55,491	**13,10**

Die durch Anfeuchtung hervorgerufene Volumzunahme war, wie vorstehende Daten darthun, bei dem Kaolin am größten, sehr viel geringer bei dem Eisenoxydhydrat, dem kohlensauren

Kalk und dem Quarz und minimal bei dem schwefelsauren Kalk. Die einschlägigen Wirkungen sind bei dem Kaolin und zum Theil auch bei dem Eisenoxydhydrat vornehmlich auf die Quellung der kolloïdalen Bestandtheile zurückzuführen, bei dem Quarz und kohlensauren Kalk wohl ausschließlich auf die Bildung von Wasserhüllen an der Oberfläche der kleinsten Theilchen, durch welche letztere zum Fließen gebracht werden (vergl. III. a).

2. Organische Bestandtheile.

Dieselben wurden durch jene Materialien repräsentirt, welche zur Ausführung der Versuche II. c. 2. gedient hatten. Nach der Anfeuchtung, welche nach der Austrocknung erfolgte, wurde die Volumzunahme der betreffenden Substanzen, wie folgt, bestimmt:

Bodenart		Kohlenstoffgehalt der lufttrockenen Substanz	Trocken		Feucht		Volumen		Volumzunahme in Folge der Anfeuchtung
			Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	trocken ccm	feucht ccm	%
1. Zuckerhumus .		—	49,0	25,390	50,0	25,585	47,850	50,210	**4,93**
2. Humus		—	48,0	25,663	50,0	27,418	46,414	53,808	**15,92**
3. Humussäure . .		—	42,8	36,006	50,0	42,246	51,780	82,908	**60,12**
Bodentiefe:		%							
4. Torf aus dem Donaumoor	I. 0,0–0,2 m	40,12	45,0	34,251	50,0	40,725	54,446	79,923	**46,79**
	II. 0,2–0,5 »	42,64	45,0	36,396	50,0	44,246	57,851	86,833	**50,10**
	III. 0,5–0,8 »	42,80	42,5	34,914	50,0	41,608	49,488	81,656	**65,00**
	IV. 0,8–1,1 »	44,05	41,0	37,020	50,0	45,756	48,833	89,796	**83,88**
	V. 1,1–1,4 »	45,24	42,0	34,680	50,0	41,310	48,021	81,071	**68,83**

Unter den humosen Bestandtheilen hatten Zuckerhumus und Humus durch die Anfeuchtung eine viel geringere Volumveränderung erfahren als die natürlichen Humusstoffe und die Humussäure und dadurch ein analoges Verhalten gezeigt, wie bei der Sättigung und der nachfolgenden Austrocknung[1]). Die Volumzunahme der Humussäure und der verschiedenen Torfsorten war dagegen sehr beträchtlich und überstieg jene des Kaolins um ein Bedeutendes. Die Torfsorten lassen erkennen, daß die Expansion derselben innerhalb gewisser Grenzen (bis zu 1,1 m Tiefe) um so größer war, je tiefer die Bodenschicht, welcher sie entstammten, d. h. je stärker sie humifizirt waren[2]).

[1]) Vergl. S. 18.

[2]) *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe u. s. w. Heidelberg. 1897. S. 14.

Bei der Erklärung dieser Thatsachen wird man in der Annahme nicht fehl gehen, daß der Humus durch die Einwirkung des Aethers und Alkohols, sowie der Salzsäure, mit deren Hilfe er aus Torf hergestellt worden war, eine wesentliche Veränderung erlitten haben mußte, und daß der Zuckerhumus überhaupt Eigenschaften besitzt, welche denjenigen des natürlichen Humus nicht gleich zu erachten sind. Dafür, daß die Humussäure eine so bedeutende Ausdehnung aufzuweisen hatte, spricht der Umstand, daß dieselbe zu den Kolloïdsubstanzen gehört. In gleicher Weise ist das geschilderte Verhalten der Torfsorten auf einen höheren Gehalt an solchen Bestandtheilen zurückzuführen und, daß die Masse eine mit der Bodentiefe resp. mit der Dauer des Humifikationsprozesses zunehmende Volumvermehrung erleidet, durch die hiermit Hand in Hand gehende Steigerung des Gehaltes an kolloïdalen Bestandtheilen zu erklären.

e) Bodengemische.

Die Versuche dieser Reihe schlossen sich jenen an, welche sub. II. d. näher beschrieben sind. Ueber die Unterschiede in der Expansion der betreffenden Materialien giebt die nachstehende Tabelle nähere Auskunft.

Bodenart	Trocken		Feucht		Volumen		Volumzunahme in Folge der Anfeuchtung
	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	trocken ccm	feucht ccm	%
Kaolin	43,4	19,969	47,3	22,972	29,465	40,343	**36,92**
2 Kaolin + 1 Quarz . .	44,8	20,810	48,0	23,584	32,788	42,654	**30,09**
1 Kaolin + 2 Quarz . .	46,9	22,528	48,7	24,950	38,942	46,449	**19,28**
Quarz	49,5	25,253	50,0	26,735	48,574	52,466	**8,01**
2 Quarz + 1 Humus . .	48,9	25,261	50,0	26,916	47,656	52,822	**10,84**
1 Quarz + 2 Humus . .	48,4	25,458	50,0	27,209	46,812	53,398	**14,07**
Humus	48,0	25,663	50,0	27,418	46,414	53,803	**15,92**
2 Humus + 1 Kaolin . .	45,5	23,059	48,5	25,351	37,465	46,813	**25,22**
1 Humus + 2 Kaolin . .	44,1	20,827	47,6	23,738	31,794	42,218	**32,79**
Kaolin	43,4	19,969	47,3	22,972	29,465	40,343	**36,92**
2 Kaolin + 1 Quarz . .	44,8	20,810	48,0	23,584	32,788	42,654	**30,09**
1 Kaolin + 2 Quarz . .	46,9	22,528	48,7	24,950	38,942	46,449	**19,28**
Quarz	49,5	25,253	50,0	26,735	48,574	52,466	**8,01**
2 Quarz + 1 Torf . . .	47,6	27,925	50,0	28,641	49,665	56,208	**13,17**
1 Quarz + 2 Torf . . .	46,0	30,070	50,0	33,644	49,949	66,026	**32,18**
Torf	42,5	34,914	50,0	41,608	49,488	81,656	**65,00**
2 Torf + 1 Kaolin . . .	43,0	28,490	49,0	32,050	41,347	60,401	**46,08**
1 Torf + 2 Kaolin . . .	43,0	23,038	48,0	25,900	33,435	46,847	**40,11**

Läßt man wegen des oben mehrfach bezeichneten anomalen Verhaltens des Humus die im ersten Abschnitt dieser Tabelle aufgeführten Zahlen außer Betracht, so ergiebt sich, daß die Humusstoffe (Torf) die größte Volumvermehrung durch die Anfeuchtung erfahren (65%), daß dann in dieser Beziehung der Thon folgt (37%), während der Quarz sich unter solchen Umständen im geringsten Grade ausdehnt (8%). Nach Maßgabe dieses Verhaltens der einzelnen Bestandtheile rangiren die aus denselben hergestellten Gemische in Bezug auf die Vermehrung ihres Volumens bei der Sättigung mit Wasser. Die in diesen Richtungen hervortretenden Unterschiede sind auf den verschiedenen Gehalt an feinerdigen und kolloïdalen Bestandtheilen der verschiedenen Materialien zurückzuführen, deren Antheil an den bezüglichen Erscheinungen nach den Darlegungen S. 29 zu ermessen ist.

f) Einfluß von Hydraten und Salzen.

In gleicher Weise wie bei der Volumverminderung der lockeren Masse durch Anfeuchtung und darauf folgende Austrocknung, zeigte der mit verschiedenen Hydraten und Salzen versehene Thon auch bei der in Folge von Wasserzufuhr zum ausgetrockneten Material bewirkten Expansion nicht unwesentliche Unterschiede, über welche folgende Tabelle näheren Aufschluß giebt:

Bodenart	Trocken		Feucht		Volumen		Volumzunahme in Folge der Anfeuchtung
	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	trocken ccm	feucht ccm	%
Kaolin ohne Zusatz . . .	43,4	19,969	47,3	22,972	29,465	40,343	**36,92**
» mit KOH	42,0	20,128	45,0	21,780	27,871	34,619	**24,21**
» » K_2CO_3 . . .	42,0	20,649	46,0	21,971	28,593	36,496	**27,67**
» » Na Cl	45,0	22,426	45,9	26,574	35,646	43,948	**19,32**
» » $NaNO_3$ . . .	44,0	24,234	46,5	24,805	36,831	42,263	**18,56**
» » $Ca(OH)_2$ . . .	48,0	25,702	49,0	26,170	46,485	49,320	**6,10**

Demnach hatte der Thon durch die Sättigung mit Wasser die größte Ausdehnung erfahren, dann folgt in absteigender Reihe das mit Kalihydrat und kohlensaurem Kali behandelte Material, hierauf das mit einem Zusatz von Chlornatrium

und Natronsalpeter versehene, während der mit Kalkhydrat versetzte Thon die geringste Volumzunahme aufzuweisen hatte.

Das Kalihydrat und Kaliumkarbonat, welche zu einer dichten Lagerung der Thontheilchen Veranlassung geben, sind aus diesem Grunde die Ursache davon, daß sich nicht allein der Boden bei der Austrocknung in erheblicherem Maße zusammenzieht, sondern daß derselbe auch bei der Anfeuchtung eine geringere Zunahme erfährt als dasselbe Material ohne einen solchen Zusatz. Der bezügliche Einfluß des Chlornatriums und Natronsalpeters ist dagegen dem Umstand zuzuschreiben, daß diese Salze eine Aggregatbildung in dem Boden hervorrufen, derart, daß derselbe, wie vorstehende Daten darthun, nach der Austrocknung eine lockerere Beschaffenheit, ein größeres Volumen besitzt als der nur mit Wasser behandelte Boden, und deshalb letzterem gegenüber eine ungleich geringere Zunahme in seinem Volumen erleidet, wenn er von Neuem durchfeuchtet wird. In noch höherem Grade muß dies bei dem Kalkhydrat hervortreten, bei dessen Gegenwart die Masse sich noch lockerer erhält als bei jener der vorbezeichneten beiden Salze, und aus diesem Grunde bei der Austrocknung resp. bei der späteren Anfeuchtung weder erheblich zusammenziehen noch in stärkerem Maße ausdehnen kann. Diese Wirkungen werden zwar unter natürlichen Verhältnissen sich nicht in so prägnanter Weise dokumentiren, weil der Gehalt des Bodens an Salzen bezw. an Kalkhydrat selbst nach reichlicher Zufuhr bei Weitem nicht so groß ist wie in diesen Versuchen, aber sich dennoch, wenngleich in schwächerem Grade, äußern, wie dies nach den Untersuchungen von *E. W. Hilgard* und *A. Mayer* angenommen werden darf, welche fanden, daß schon kleine Dosen von Hydraten und Salzen eine verschiedene Lagerung in dem angegebenen Sinne herbeizuführen vermögen.

IV. Volumveränderungen des Bodens unter äußeren Einwirkungen.

Zur Vervollständigung des Bildes von den verschiedenen für die Volumveränderungen des Bodens maßgebenden Einwirkungen scheint es geboten, auch den bezüglichen Erscheinungen unter natürlichen Verhältnissen, soweit dieselben ein landwirthschaftliches Interesse bieten, näher zu treten.

Das mittelst der verschiedenen Ackerwerkzeuge gelockerte, bei normaler Anwendung derselben in den krümeligen Zustand übergeführte Ackerland erfährt weiterhin nicht nur seiner physikalischen Beschaffenheit entsprechend, sondern nach Maßgabe äußerer Einwirkungen mannigfache Veränderungen in seinem Volumen. Unter denjenigen Faktoren, welche in dieser Richtung sich hauptsächlich von Einfluß erweisen, sind vor Allem

1. Die Niederschläge

in Betracht zu ziehen. Im Allgemeinen bestehen die Wirkungen, welche dieselben hervorrufen, darin, daß das Volumen des **gelockerten** Bodens in allen Fällen eine Abnahme erfährt, die je nach der physikalischen Beschaffenheit des Erdreiches und je nach der Menge und Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge eine verschiedene ist.

Bei dem ***nackten*** Erdreich, welches hier zunächst in Betracht gezogen werden soll, üben die Niederschläge dadurch einen Einfluß auf das Volumen desselben aus, daß sie einerseits mit einer gewissen Kraft auf den Boden niederfallen und daß sie andererseits die Masse aufweichen, wobei die Bodenelemente in's Fließen gerathen und die größeren Hohlräume allmählich ausgefüllt werden.

Im Großen und Ganzen läßt sich beobachten, daß die unter dem Einfluß der Niederschläge stattfindende Volumverminderung um so größer ist, je lockerer der Boden ursprünglich war und je leichter die vorhandenen Aggregate auseinanderfallen, d. h. je geringer die Kohäreszenz des Erdreiches ist. Zum Theil ergeben sich diese Verhältnisse aus folgenden Zahlen, welche bei verschiedenen Böden gewonnen wurden[1]), die sich in 25 cm tiefen Kästen von 2 qm Querschnitt im Freien befanden:

1879.

Bodenart	Beschaffenheit des Bodens	Volumen des Bodens am 7. Juni Liter	Volumen des Bodens am 7. Sept. Liter	Volumabnahme absolut Liter	Volumabnahme in % des Anfangsvolumens
Lehm, krümelig	dicht locker	418 444	414 422	4 22	**0,95** **4,95**

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 16.

Bodenart	Beschaffenheit des Bodens	Volumen des Bodens am 7. Juni Liter	Volumen des Bodens am 7. Sept. Liter	Volumabnahme absolut Liter	Volumabnahme in % des Anfangsvolumens
Humoser Diluvialsand, krümelig	dicht locker	394 448	368 408	26 40	**6,59** **8,93**
Reiner Kalksand, krümelig	dicht locker	408 470	408 442	0 28	**0** **5,96**
Quarzsand, krümelig	dicht locker	422 480	416 440	6 40	**1,42** **8,33**
Torf, krümelig	dicht locker	434 520	434 500	0 20	**0** **3,84**

Die Volumverminderung war also in der That im dichten Zustand des Bodens geringer als im lockeren. Im Uebrigen zeigen die Zahlen, daß der Lehm, in welchem die Krümel einen festeren Zusammenhang aufzuweisen haben, als in den Sandsorten, sein Volumen in höherem Grade bewahrte als diese. Dies ist aber nicht immer der Fall, weil die Lockerheitszustände der verschiedenen Böden sich je nach äußeren Verhältnissen sehr wechselnd gestalten. So können z. B. durch öfteres Gefrieren und Aufthauen des Bodens während des Winters der Lehm und Torf in einem viel höheren Grade gelockert werden als der Quarzsand, in welchem Falle jene Böden in dem folgenden Sommer eine bedeutend größere Volumverminderung erfahren als der Quarzsand. Dies geht aus folgendem, unter solchen wie den angeführten Verhältnissen angestellten Versuch[1]) hervor:

1882	Lehm	Reiner Kalksand	Quarzsand	Torf
Volumen (Liter) am 17. April	468	500	500	480
» » » 25. Septbr.	424	460	476	446
Volumabnahme absolut	44	40	24	34
» in %	**9,40**	**8,00**	**4,80**	**7,08.**

Im Durchschnitt macht sich die hier in Rede stehende Volumveränderung bei den humusarmen sandigen Böden, welche eine geringe Neigung zur Krümelbildung besitzen und deren Aggregate bereits bei

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 23.

der Austrocknung zerfallen, in viel geringerem Umfange bemerkbar als bei den bündigen und humusreichen Bodenarten, welche bei rationeller Bearbeitung eine ungleich lockere Beschaffenheit besitzen. Unter letzteren treten wiederum mannigfache Unterschiede insofern auf, als je nach der Intensität der Attraktionskräfte resp. den Eigenschaften der Bindemittel die Aggregate den auf ihre Zerstörung hinwirkenden Einflüssen einen verschiedenen Widerstand entgegensetzen. Abgesehen von Nebenumständen, sind im Allgemeinen die mit einer größeren Menge organischer Stoffe versehenen Mineralböden jene, welche bei der Lockerung die stärkste Volumvermehrung und dementsprechend unter der Einwirkung der atmosphärischen Niederschläge auch die umfangreichste Volumverminderung erfahren. Die Veränderungen nach beiden Richtungen sind bei den thonreichen, aber humusarmen Bodenarten vergleichsweise geringer. Im Uebrigen ergeben sich je nach dem Gehalt des Erdreiches die mannigfachsten Uebergänge, so daß die in Rede stehenden Volumveränderungen caeteris paribus sich in der Natur sehr ungleich gestalten. Zusammenfassend läßt sich nach den Beobachtungen des Referenten etwa sagen, daß das Volumen der lockeren Bodenmasse durch die atmosphärischen Niederschläge bei den humusreichen Mineralböden in stärkstem Grade vermindert wird, daß dann in dieser Beziehung die thonreichen Böden folgen, während die sandreichen Erdarten die geringste Einbuße in ihrem Volumen erfahren. Ferner wird behauptet werden dürfen, daß der in Rede stehende Vorgang sich um so schneller vollzieht, je größer der Sandgehalt des Erdreiches, und um so langsamer, je größer die Menge der thonigen Bestandtheile ist, sowie, daß bei einer und derselben Bodenart die Abnahme des Volumens wächst in dem Grade, als die Masse eine stärkere Auflockerung durch die Bearbeitung erfahren hatte.

Hinsichtlich des Einflusses der Niederschläge auf den Boden bei verschiedener Struktur würde aus den in der Versuchsreihe III b angeführten Versuchsresultaten zu folgern sein, daß bei der Anfeuchtung der Boden im krümeligen Zustande im höheren Grade sein Volumen bewahrt als im pulverförmigen. Dies wird auch in der Natur so lange der Fall sein, als die Niederschläge lediglich eine Durchfeuchtung der Ackerkrume bewirken. Weiterhin werden die betreffenden Erscheinungen, sobald die Niederschläge mit größerer Kraft auf den Boden auffallen und in er-

giebigeren Mengen auf einmal demselben zugeführt werden, sich umkehren, weil, wie gezeigt, der pulverförmige Boden an sich und nach der Durchfeuchtung ein dichteres Gefüge besitzt als der krümelige, der wegen lockerer Beschaffenheit nach den oben angeführten Gesetzmäßigkeiten in höherem Maße sich setzen wird. In der That ist dies der Fall, wie folgende Versuche darthun, in denen die Volumveränderungen in der durchfeuchteten Masse während des Sommerhalbjahres (in Lysimetern) festgestellt wurden[1]).

1882.

Bodenart	Korn-größe mm	Gewicht des Bodens gr	Mittlerer Wasser-gehalt Vol. %	Volumen am 1. April ccm	Volumen am 30. Sept. ccm	Volum-abnahme absolut ccm	Volum-abnahme in % des Anfangs-volumens
Lehm, pulverförmig	0,0—0,25	15580	38,81	11176	10396	780	**6,98**
Lehm, krümelig . .	0,5—1,0	12000	24,26	11136	10036	1100	**9,88**
» » . .	1,0—2,0	12840	25,01	11372	10108	1264	**11,11**
» » . .	2,0—4,5	12080	22,38	11200	9904	1296	**11,57**
» » . .	4,5—6,7	11770	22,82	11184	9808	1376	**12,33**
» » . .	6,7—9,0	10980	22,59	11180	9456	1724	**15,42**

Die Ursachen der aus diesen Zahlen sich ohne Weiteres ergebenden Gesetzmäßigkeiten sind zunächst darin zu suchen, daß der Boden im pulverförmigen Zustande bei gleichem Volumen mehr feste Bestandtheile, sowie auch größere Mengen von Wasser enthält als der krümelige. Letzterer ist sonach in gewissem Sinne lockerer und erfährt dementsprechend leichter eine Volumveränderung als ersterer. Dazu kommt, daß bei jenem die Wassermenge eine ungleich größere ist gegenüber letzterem, in Folge dessen die Volumverminderung durch die seitens der kolloïdalen Bestandtheile besonders bei dichterer Lagerung der Bodenelemente hervorgerufenen und eine Volumvermehrung bedingenden Wirkungen bei dem pulverförmigen Boden mehr zur Geltung kommt als bei dem krümeligen. Weiters ist zu beachten, daß bei dem letzteren durch starkes Aufweichen der Aggregate und durch allmähliche Zerstörung eines mehr oder weniger großen Theiles derselben die größeren zwischen denselben befindlichen Lücken an Volumen abnehmen, so daß aus diesem Grunde allein schon der krümelige Boden unter dem Einfluß der atmosphärischen Nieder-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 189.

schläge eine größere Volumverminderung erleiden muß als der pulverförmige.

Die unter dem Einfluß der Niederschläge sich vollziehenden Aenderungen in dem Volumen der Bodenarten werden sich unter sonst gleichen Verhältnissen bei Gegenwart gewisser Mengen von Hydraten und Salzen in verschiedener Weise dokumentiren. Alkalikarbonate und lösliche Phosphate veranlassen eine dichte Lagerung der Bodentheilchen, derart, daß die durch die Niederschläge veranlaßte Volumverminderung sehr beträchtlich ist. Bei dem mit Chloriden und Nitraten versehenen Boden ist zwar zunächst die Abnahme des Volumens eine vergleichsweise geringere, weil unter dem Einfluß solcher Verbindungen eine Aggregatbildung stattfindet, durch welche der Boden eine lockere Beschaffenheit erhält; aber sobald diese Salze durch das in das Erdreich eindringende Wasser in größere Tiefen gewaschen werden, was sehr leicht insofern erfolgt, als die meisten bezeichneten Salze nicht absorbirt werden, so tritt, wie *Ad. Mayer* nachgewiesen hat[1]), nachträglich ein Dichtschlämmen der Ackererde ein und erfährt die Volumverminderung der Masse eine weitere Steigerung. Das Kalkhydrat, welches gleichergestalt wie die Chloride und Nitrate die Bildung von Flocken in thonreichen Böden veranlaßt, übt dagegen erhaltend auf die Lockerheit des Bodens ein, indem die Aggregate allen auf ihre Zerstörung einwirkenden äußeren Einflüssen längere Zeit widerstehen, so daß ein gekalkter Boden durch die Niederschläge eine geringere Einbuße in seinem Volumen erleidet als ein nicht gekalkter.

Die Größe der Volumabnahme des Bodens ist aber nicht allein von der physikalischen Beschaffenheit, sondern auch von der Menge und Vertheilung der Niederschläge abhängig. Mit der Regenhöhe nehmen die geschilderten Wirkungen bei sonst gleicher Beschaffenheit des Bodens zu und ab. Um hierfür einen ziffernmäßigen Beleg zu liefern, wurden von dem Referenten Versuche[2]) mit Hilfe von Apparaten ausgeführt, welche aus einer 75 cm langen Glasröhre von 4 cm lichtem Durchmesser bestanden, an deren oberem Ende ein Gefäß aus Zinkblech mit durchlöchertem Boden angebracht war. Letzterer war von einer 1 cm hohen Asbestschicht be-

---

[1]) *A. Mayer.* Beiträge zur Lehre von der Behandlung durch Seewasser verdorbener Ländereien. Journal für Landwirthschaft. Bd. XXVII. 1879. S. 389—410.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 186.

deckt, auf welcher eine ebenso hohe Lage von Grobsand aufruhte. Wurde das Gefäß mit Wasser beschickt, so fiel dasselbe in Tropfen durch den durchlöcherten Boden in den Innenraum der Glasröhre und auf die am Grunde derselben in einer 20 cm mächtigen Schicht befindliche Erde, welche, um das oberflächliche Verschlämmen zu verhüten, mit einer Platte aus Drahtnetz überdeckt war. An der an der Außenwand der Glasröhre angebrachten Skala konnte die Volumveränderung des Bodens abgelesen werden. Ueber die sonstigen Details und die Ergebnisse giebt folgende Tabelle Auskunft:

Regenhöhe (mm)	10	20	30	40	50	100	200	300	400	500
Bodenart:	Volumabnahme in Prozenten:									
Lehmpulver, locker	2	4	6	8	10	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
Humoser Diluvialsand, krümelig .	5	9	16	20	25	22	21	16	16	16

Innerhalb gewisser Grenzen (bis 50 mm Regenhöhe) nahm hiernach die Volumverminderung des Bodens mit der Niederschlagsmenge zu, während bei größerer Regenhöhe das Volumen des Bodens entweder gleich blieb (Lehmpulver) oder eine mit der zugeführten Wassermenge steigende Vermehrung bis zu einer bestimmten Höhe erfuhr. Die Niederschläge schlämmen also den Boden dicht zusammen, tragen aber zu einer Erhöhung des Volumens bei, sobald das dichteste Gefüge eingetreten ist, weil nunmehr unter dem Einfluß vermehrter Wasserzufuhr die kolloïdalen Bestandteile des Bodens sich ausdehnen. In der Natur verzögert sich der Eintritt des Momentes, wo letzteres statthat, weil die Anfeuchtung des Erdreiches eine wechselnde ist und nur in den seltensten Fällen auf einmal so große Wassermengen zugeführt werden wie in vorliegenden Versuchen. In Rücksicht auf die in Wirklichkeit vorkommenden Regenhöhen wird daher das bis etwa 50 mm erzielte Resultat vornehmlich in das Auge zu fassen sein.

Aus dem Vorstehenden folgt gleichzeitig, daß die Vertheilung der atmosphärischen Wässer von wesentlichem Belang für die Volumveränderungen des Bodens sein muß. Bei einer und derselben Zufuhr wird die Volumabnahme des lockeren Erdreiches bei größerer Niederschlagshäufigkeit geringer sein als in dem Falle, wo die Wässer seltener,

aber innerhalb kürzerer Zeiträume in großen Mengen auf den Boden gelangen. Wolkenbrüche oder sehr starke Gewitterregen bewirken eine rapide Abnahme des Bodenvolumens, während dieses sich ziemlich konstant erhält, wenn dieselbe Wassermenge in Form eines mehrere Tage währenden Spritzregens zugeführt wird.

Wesentlich geringer als in dem nackten sind die geschilderten Volumveränderungen in dem ***bedeckten*** Boden, sei es, daß letzterer mit lebenden Pflanzen bestanden oder mit einer Decke abgestorbener Pflanzentheile versehen ist. In welcher Weise die Vegetation in dieser Richtung einen Einfluß auszuüben vermag, erhellt z. B. aus folgenden Zahlen[1]):

Bodenart	Zahl der Pflanzen pro 0,1 qm	Volumen am 1. April ccm	Volumen am 30. Sept. ccm	Volumabnahme absolut ccm	Volumabnahme in °/o des Anfangsvolumens
Humoser Diluvialsand (1882)	(Gras)	10604	9884	720	**6,79**
	(Nackt)	10632	9524	1108	**10,42**
Humoser Kalksand (1879)	Pflanzen pro 0,1 qm: Hafer	am 1. Mai	am 12. Sept.		
	3 ungedüngt	49,0 Liter	44,5 Liter	4,5 Liter	**9,2**
	6 ungedüngt	49,0 »	45,6 »	3,4 »	**6,9**
	12 ungedüngt	49,0 »	46,0 »	3,0 »	**6,1**
	24 ungedüngt	49,0 »	46,6 »	2,4 »	**4,9**
	12 gedüngt	49,0 »	46,4 »	2,6 »	**5,3**
	Nackt	49,0 »	42,7 »	6,3 »	**12,8**

Aus diesen Zahlen läßt sich ersehen, daß **die Volumabnahme des Bodens unter einer Pflanzendecke geringer ist als im nackten Zustande desselben, und zwar in dem Maße, als die Pflanzen dichter stehen, und als deren Entwickelung eine üppigere ist.**

In Bezug auf den Einfluß einer Dünger- und Streudecke auf die Volumveränderungen des Erdreiches sind folgende Daten zu vergleichen:

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 191.

1876. Decke: Pferdedünger in einer 2,5 cm mächtigen Schicht.

Bodenart	Beschaffenheit der Oberfläche	Volumen am 15. Mai Liter	Volumen am 15. Okt. Liter	Volumabnahme absolut Liter	Volumabnahme in °/o des Anfangsvolumens
Lehm	Bedeckt	250	227	23	**9,2**
	Nackt	250	221	29	**11,6**
Quarzsand	Bedeckt	250	239	11	**4,4**
	Nackt	250	233	17	**6,8**
Kalksand	Bedeckt	250	227	23	**9,2**
	Nackt	250	220	30	**12,0**

1888. Decke: Waldstreu in einer 2 cm mächtigen Schicht.

Bodenart	Bedeckt mit	Volumen am 1. Mai Liter	Volumen am 1. Nov. Liter	Volumabnahme absolut Liter	Volumabnahme in °/o des Anfangsvolumens
Humoser Kalksand	Moos	24,500	22,319	2,181	**8,9**
	Fichtennadeln	24,500	22,736	1,764	**7,2**
	Kiefernnadeln	24,500	22,662	1,838	**7,5**
	Eichenlaub	24,500	22,613	1,887	**7,7**
	Nackt	24,500	21,904	2,596	**10,6**

Durch die Bedeckung mit abgestorbenen Pflanzentheilen wird sonach die Volumabnahme des Bodens vermindert.

Der Einfluß, den die Decken auf die räumlichen Verhältnisse des Bodens ausüben, beruht darauf, daß durch dieselben die mechanischen Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge abgeschwächt werden, indem die Pflanzen und die abgestorbenen Pflanzentheile das meteorische Wasser auffangen und dasselbe mit verminderter Kraft auf den Boden abtropfen lassen. Außerdem hält sich das Wasser länger an jenen Gegenständen, ehe es zum Boden gelangt, wodurch das Aufweichen und Auseinanderfallen der Krümel verzögert wird. Viel eher wird dies auf nacktem Boden unter dem direkten Einfluß des Regens von Statten gehen und somit in jenem ein dichteres Aneinanderlagern der Bodentheilchen herbeigeführt werden als in der beschatteten Ackerkrume. Die Be-

deckung des Bodens hat also die Bedeutung, daß durch dieselbe der mittelst mechanischer Bearbeitung hervorgerufene Lockerheitszustand in höherem Grade erhalten bleibt als bei nackter Beschaffenheit des Erdreiches. Die betreffende Abnahme des Volumens ist um so geringer, je besser die Pflanzen den Boden bedecken, d. h. je dichter sie stehen und je besser sie sich entwickelt haben. Daher ist die Wirkung der Niederschläge in vorwürfiger Richtung von der Schnelligkeit und der Ueppigkeit des Wachsthums, der Ausbildung der Organe der Pflanzen, sowie auch nach der Anbaumethode (lichterer oder dichterer Stand der Individuen) u. s. w. abhängig[1]). Betreffs der Dünger- und Streudecke wird angenommen werden können, daß diese die Volumabnahme um so mehr einschränken wird, je mächtiger dieselbe ist.

In Rücksicht auf die praktischen Verhältnisse im Landwirthschaftsbetriebe dürften im Allgemeinen nur die bisher geschilderten Volumveränderungen der Ackerkrume in Betracht zu ziehen sein, d. h. die Veränderungen, welche dieselbe im gelockerten Zustande erleidet und welche sich, wie gezeigt, ausnahmslos in einer Abnahme des Volumens dokumentiren. Diese Erscheinungen machen sich so lange geltend, als sich noch im Boden Lücken befinden, welche eine Einlagerung von Partikeln ermöglichen; ist jedoch das Erdreich schließlich vollständig verdichtet und mehr oder weniger ausgetrocknet, so hat die Durchfeuchtung desselben seitens der Niederschläge eine Volumvermehrung im Gefolge, deren Betrag nach den S. 25—32 gegebenen Darlegungen zu beurtheilen ist.

2. Die Trockenheit.

Die durch die Verdunstung an der Oberfläche des feuchten Bodens hervorgerufenen Volumveränderungen sind bereits im Abschnitt III näher beschrieben worden, soweit es sich dabei um jene Vorgänge handelt, welche bei dem lockeren Erdreich in die Erscheinung treten. Es wurde gezeigt, daß der Boden im Zustande der Krümelstruktur sich verhältnißmäßig wenig setzt, weil bei der Austrocknung die Bröckchen ihr Volumen zwar vermindern, aber wegen der lockeren Lage derselben die zwischen denselben befindlichen größeren Hohlräume erhalten bleiben. Berücksichtigt man die Verhältnisse in der Natur, so erscheint unter derartigen

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 37.

Umständen eine tiefergehende Austrocknung des Erdreiches selbst bei längerer Dauer der warmen Periode insofern ausgeschlossen, als durch das Vorhandensein nicht kapillarer Hohlräume der Aufstieg des Wassers wesentlich verlangsamt ist[1]), die Oberfläche schnell abtrocknet und dadurch die weitere Verdunstung des Bodenwassers in außerordentlichem Grade gehemmt ist[2]). Der Boden erhält sich in Folge dessen mehr oder weniger feucht und wenn im ungünstigsten Falle die oberen Schichten ihr Wasser verlieren, so bleibt die Struktur derselben entweder erhalten, oder es bilden sich Sprünge in größerer Zahl, welche sich aber nicht auf größere Tiefen erstrecken.

Befindet sich aber der Boden im Zustande der Einzelkornstruktur oder ist derselbe durch starke Niederschläge zusammengeschlämmt, derart, daß die Partikel auf das Engste aneinandergelagert sind, so ist nicht allein die Verdunstung eine ergiebigere und auf größere Tiefen hinabgehende als bei lockerer und krümeliger Beschaffenheit, sondern es treten auch in der mehr oder weniger zusammenhängenden Masse bei der Volumverminderung in Folge der Austrocknung Spannungen ein, welche schließlich zu Rissen und Spalten in mehr oder minderem Umfang führen.

Die Spannungen, welche in dem Erdreich unter den in's Auge gefaßten Verhältnissen nothwendigerweise entstehen, machen sich sowohl in vertikaler als auch namentlich in horizontaler Richtung geltend. Der in der Oberfläche eintretende Wasserverlust bedingt zunächst eine Zusammenziehung der obersten Bodenschicht, wodurch ein Zug von unten nach oben ausgeübt wird, der in dem Grade weiter nach abwärts rückt, als die Austrocknung nach der Tiefe hin zunimmt. Dabei muß sich die Erde selbstredend fester zusammensetzen und ihre Oberfläche in ein tieferes Niveau gelegt werden.

Für die Entstehung von Spalten im Boden sind aber hauptsächlich die in horizontaler Richtung bei dem Austrocknen eintretenden Spannungen von Belang[3]). Offenbar werden diese um so weniger eine

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 145. — Bd. VII. 1884. S. 279 und 43—73. — Bd. VIII. 1885. S. 206. — Bd. XVI. 1893. S. 395.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 325. — Bd. VII. 1884. S. 43 und 45.

[3]) *F. Haberlandt. Fühling's* landw. Zeitung. 1877. S. 481. — Der allgemeine landw. Pflanzenbau. Wien. 1879. S. 399.

Trennung der Bodenpartieen herbeizuführen vermögen, je stärker sich die Bodentheilchen gegenseitig anziehen, d. h. je größer die Kohäreszenz des Bodens ist. Die Erfahrung lehrt aber, daß letztere selbst in den bindigsten Böden nicht genügt, um bei hinreichender Austrocknung den seitlichen Spannungen das Gleichgewicht zu halten und damit die Bildung von Rissen zu verhindern. Daß diese Spannungen sowohl an der Oberfläche als in der Tiefe ungleich sind, kann nicht befremden, da die Austrocknung und die hiermit verknüpfte Zusammenziehung der einzelnen Bodenpartieen ungleich rasch von Statten geht. Da die obersten Bodenschichten am ehesten und stärksten austrocknen, so werden sich auch diese zuerst und in bedeutenderem Grade zusammenziehen als die tiefer liegenden wasserreicheren. Die entstandenen Risse werden daher an der Oberfläche am weitesten sein und sich in der Tiefe in dem Maße verengen, als nach unten die Bodenfeuchtigkeit zunimmt.

Auf Grund dieser Erklärung der Entstehung von Rissen im Boden wird angenommen werden müssen, daß für das Auftreten, die Zahl und die Größe derselben sowohl die Kohäreszenzverhältnisse der Masse[1]) als auch die Umstände von wesentlichem Belang sind, von welchen die Verdunstung des Wassers abhängig ist.

In dem Betracht, daß die Mehrzahl der humusfreien Sandböden im trockenen Zustande keine oder eine äußerst geringe Kohäreszenz besitzen, wird schon a priori geschlossen werden dürfen, daß diese keine Spaltenbildungen aufzuweisen haben. In der That ist dies der Fall, denn solche Böden zerfallen bei der Austrocknung lediglich in ihre einzelnen Elemente. Nur in dem Fall, wo die in Rede stehenden Böden sehr feinkörnig sind und wie bei dem Quarzsand die Körnchen durch Kieselsäurehydrat[2]) oder wie bei dem Kalksand durch Kalkbikarbonat mit einander verkittet sind, stellt sich bei starker Austrocknung Spaltenbildung ein[3]). In Humusböden entstehen, wenn dieselben zerkleinert wurden, keine Risse; dies wird nur dann beobachtet, wenn dieselben eine zusammenhängende Masse bilden. Die auftretenden Risse sind unter solchen

[1]) *F. Haberlandt.* Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Wien. 1875. Bd. I. S. 22—33. — Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 148—157. — *H. Puchner.* Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 195.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 449.

[3]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 43.

Umständen zahlreich und unregelmäßig, sowie in der Regel nicht tiefgehend, weil einerseits der Boden eine geringe Kohäreszenz besitzt und nur schwer bis in größere Tiefen austrocknet. Am meisten sind die thonreichen Bodenarten zur Spaltenbildung geneigt wegen ihrer außerordentlichen Bindigkeit und der starken Austrocknung, welche sie bis in größere Tiefen wegen der ausgezeichneten kapillaren Leitung des Wassers erfahren. Die Risse, welche sich in solchen Böden bei anhaltender Trockenheit bilden, liegen in größerer Entfernung von einander, reichen aber sehr tief in den Boden herab. Im Uebrigen ist die Dichte der Lagerung der Bodentheilchen für die Zahl und Ausdehnung der Spalten von Belang. Im Allgemeinen kann man die Wahrnehmung machen, daß die Risse, welche bei einem und demselben Boden bei starker Austrocknung entstehen, um so zahlreicher, aber von um so geringerer Tiefe sind, je lockerer die Theilchen gelagert sind und vice versa. Diese Unterschiede lassen sich in einfacher Weise aus der Thatsache erklären, daß mit der Zunahme des Lockerheitszustandes die Verdunstung und die Kohäreszenz eine entsprechende Abnahme erfahren, oder daß mit der Dichtheit der Masse die Austrocknung bis in größere Tiefen, sowie die Kraft wächst, mit welcher die Theilchen aneinanderhaften.

Außer der physikalischen Beschaffenheit erweist sich auch der Gang der Verdunstung belangreich für die hier behandelten Erscheinungen. Bei langsamer Austrocknung sind die Differenzen in dem Wassergehalt der oberen und der tiefer gelegenen Schichten nicht so beträchtlich, weil das oben abgegebene Wasser leichter auf kapillarem Wege ersetzt wird. In Folge dessen wird die Austrocknung mehr gleichförmig von Statten gehen und sich auf größere Tiefen erstrecken. Die entstehenden Risse werden weniger zahlreich sein, aber tiefer in den Boden herabreichen. Sobald aber durch irgend welche äußere Einflüsse (starke Luftbewegung, trockene Winde, höhere Temperatur) die Verdunstung in außergewöhnlicher Weise beschleunigt wird, kann der oberflächlich stattfindende Wasserverlust durch kapillare Leitung von unten her nicht in dem gleichen Maße gedeckt werden, was bedingt, daß die Unterschiede in dem Wassergehalt schon in nahe aneinander grenzenden Bodenschichten sehr groß werden und daß die seitlichen Spannungen schon frühzeitig zur Bildung von Spalten führen, welche näher aneinander liegen und eine geringere Tiefe besitzen als bei langsamer Austrocknung des Bodens.

Eine derartige engmaschige Zerklüftung tritt bei jeder Krustenbildung deutlich hervor. «In Folge der stark überwiegenden seitlichen Spannung und Zusammenziehung können die sich zusammenziehenden Erdkrusten selbst von der noch feuchteren Unterlage abgerissen oder an den Rändern emporgehoben werden, worauf diese Krusten- oder Borkenstücke, weil sie von unten her feuchter erhalten werden, sich nicht selten mit ihren Rändern nach oben krümmen, wohl auch förmlich einrollen.» (*F. Haberlandt.*)

Die Wirkung der Pflanzendecke zeigt sich in der Weise, daß der Boden langsam und bis in größere Tiefen austrocknet, weshalb die gegebenen Falls entstehenden Risse sich in größerer Entfernung von einander befinden und tiefer in den Boden hinabreichen als dann, wenn dasselbe Erdreich bei anhaltend heißem oder windigem Wetter einer Pflanzendecke entbehrt.

In dem mit einer Decke von abgestorbenen Pflanzentheilen versehenen Boden findet eine Spaltenbildung nur in äußerst seltenen Fällen statt, was nicht Wunder nehmen kann, wenn man berücksichtigt, daß jene Materialien das Erdreich nicht allein locker, sondern durch Beschränkung der Verdunstung auch feucht erhalten.

Die Bildung zahlreicher Risse im Boden ist insofern im hohen Grade unerwünscht, als einerseits die verdunstende Oberfläche dadurch vergrößert, andererseits in Folge der Zerklüftung eine mechanische Verletzung und eine Vertrocknung vieler Würzelchen herbeigeführt wird. Diesen Uebelständen wird nur, wo dies möglich ist, durch Lockerung des Bodens begegnet werden können.

3. Der Frost.

Durch das Gefrieren des Wassers muß der Boden nothwendigerweise eine Volumzunahme erfahren, weil bekanntlich das Wasser im festen Zustande einen größeren Raum einnimmt als im flüssigen. Um über die Größe der betreffenden Veränderungen ein Urtheil zu gewinnen, wurde das Gefäß A in dem oben beschriebenen Apparat mit den 12 Bodengemischen beschickt, welche auch zu verschiedenen anderen, im Bisherigen angeführten Versuchen gedient hatten. Nachdem die Materialien gesättigt worden waren, wurden sie während der Nacht in einem aus Latten hergestellten, außerhalb eines Fensters des Laboratoriums

angebrachten, mit einem Dach versehenen Häuschen dem Frost ausgesetzt, worauf am nächsten Morgen die Ablesungen vorgenommen wurden. Die hiernach berechneten Resultate weist die folgende Tabelle nach:

Bodenart	Nicht gefroren		Gefroren		Volumen		Volumzunahme in Folge des Gefrierens in % des Anfangsvolumens
	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	Durchmesser d. Erdzylinders mm	Höhe d. Erdzylinders mm	nicht gefroren ccm	gefroren ccm	
Kaolin	50,0	25,0	50,0	26,170	49,062	51,359	**4,68**
2 Kaolin + 1 Quarz . .	50,0	25,0	50,0	26,092	49,062	51,205	**4,39**
1 Kaolin + 1 Quarz . .	50,0	25,0	50,0	25,858	49,062	50,746	**3,43**
Quarz	50,0	25,0	50,0	25,819	49,062	50,669	**3,27**
2 Quarz + 1 Torf . . .	50,0	25,0	50,0	26,092	49,062	51,205	**4,37**
1 Quarz + 2 Torf . . .	50,0	25,0	50,0	26,716	49,062	52,430	**6,86**
Torf	50,0	25,0	50,0	27,379	49,062	53,731	**9,52**
2 Torf + 1 Kaolin . . .	50,0	25,0	50,0	26,911	49,062	52,813	**7,64**
1 Torf + 2 Kaolin . . .	50,0	25,0	50,0	26,404	49,062	51,818	**5,62**

Der feuchte Boden hatte durch das Gefrieren mithin eine Ausdehnung erfahren, welche bei dem Humus am größten, bei dem Quarz am kleinsten und bei dem Thon von mittlerer Intensität war. Entsprechend diesen Eigenthümlichkeiten der Hauptbodengemengtheile gestalteten sich die Volumveränderungen der Gemische nach Maßgabe ihrer Zusammensetzung.

Die geschilderten Differenzen in dem Verhalten der einzelnen Bodenkonstituenten lassen sich in ungezwungener Weise auf solche in ihrem Wasserfassungsvermögen zurückführen. In Bezug auf letzteres nimmt der Torf die erste Stelle ein, dann folgt der Thon, während der Quarz vergleichsweise die geringsten Wassermengen aufzunehmen vermag[1]). In gleichem Sinne stellten sich die Werthe für die Volumzunahme in Folge des Gefrierens heraus, so daß die Erklärung für die Ursachen der hervorgetretenen Unterschiede als ausreichend betrachtet werden dürfte[2]).

4. Einwirkung chemischer Prozesse und chemischer Agentien.

Vielfach begegnet man in der landwirthschaftlichen Praxis der Ansicht, daß in Folge gewisser Einwirkungen in dem Boden Gährungen

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 195.

[2]) Hinsichtlich der anderweitigen hierbei in Betracht zu ziehenden Momente wird auf eine demnächst in dieser Zeitschrift zu publizirende Mittheilung des Referenten über den Einfluß des Frostes auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens verwiesen.

hervorgerufen würden, welche mit einer Selbstlockerung, also mit einer Volumvermehrung der Masse verknüpft seien. Um sich hierüber Klarheit zu verschaffen, wird es nothwendig sein, der Frage der Möglichkeit solcher Prozesse näher zu treten.

Eine Förderung erfährt die Zersetzung der humosen Bestandtheile des Bodens oder der demselben einverleibten Dungmaterialien hauptsächlich dann, wenn der Feuchtigkeits- und Luftgehalt, sowie die Temperatur des Landes innerhalb gewisser Grenzen eine Steigerung erfahren. Dies ist der Fall, wenn der Boden sich im brachliegenden Zustande befindet und gleichzeitig bearbeitet wird. Die Durchfeuchtung, welche er hierbei erfährt, wird aber nicht, wie man in praktischen Kreisen annimmt, durch Verdichtung von Wasserdampf aus der Luft bewirkt, weil die Wasserzufuhr auf diesem Wege, wie an einer anderen Stelle nachgewiesen wurde[1]), an sich gering ist und nur auf die zu Tage tretenden Schichten des Bodens sich erstreckt. Dazu kommt, daß das kondensirte Wasser selten in den flüssigen Zustand übergeht und bei steigender Temperatur wieder abgegeben wird. Die Ansammlung von Feuchtigkeit im Boden unter den bezeichneten Umständen wird vielmehr dadurch herbeigeführt, daß die atmosphärischen Niederschläge in denselben eindringen, und nur zum Theil und in einem viel geringeren Grade verdunstet werden als in dem Falle, wo der Boden mit einer vegetirenden Pflanzendecke besetzt ist[2]). Der höhere Feuchtigkeitsgehalt und die stärkere Erwärmung des nackten Bodens[3]) bedingen nun zwar eine intensivere Zersetzung der organischen Substanzen, aber die hierbei in größeren Mengen gebildete Kohlensäure ist nicht im Stande, eine Volumvermehrung der Erdmasse herbeizuführen, weil letztere einerseits dem Austritt des gebildeten Gases kein Hinderniß entgegenstellt und andererseits eine Gasspannung nicht zu Stande kommt, insofern die Kohlensäure auf Kosten des vorhandenen Sauerstoffs entsteht und das Volumen beider Gase in der Bodenluft, wie *Lévy* und *Boussingault*, sowie *v. Fodor*[4]) gezeigt haben, stets dasselbe bleibt. Daß eine Selbstlockerung

---

1) Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 413.
2) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 261.
3) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 199.
4) *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe u. s. w. Heidelberg. 1897. S. 2.

des Bodens in der That unter den bezeichneten Bedingungen nicht eintritt, geht bereits aus der praktischen Beobachtung hervor, daß die lockere Ackererde, wenn sie nicht bearbeitet wird, ihr Volumen stetig vermindert und daß zur Erhaltung des Lockerheitsgrades sich eine öftere Bearbeitung des Brachlandes als erforderlich erweist.

Noch weniger entsprechen die in der Praxis verbreiteten Ansichten über die sogenannten Beschattungsgahre den thatsächlichen Verhältnissen. Indem man nämlich von der irrthümlichen Auffassung ausgeht, daß die Pflanzendecke den Boden feucht erhalte[1]), glaubt man hieraus die Schlußfolgerung ableiten zu dürfen, daß nunmehr die Zersetzung der organischen Stoffe in dem bebauten Lande besonders gefördert und damit der Selbstlockerung des Erdreiches Vorschub geleistet werde. Wie aber durch zahlreiche Versuche nachgewiesen wurde, machen sich in Wirklichkeit gerade die entgegengesetzten Erscheinungen geltend, indem in Folge der Austrocknung des Bodens durch die Gewächse im Verein mit der niedrigen Temperatur die Intensität der organischen Prozesse in dem Boden bedeutend herabgedrückt wird. Wenn es überhaupt möglich wäre, könnte also der lockere Zustand unter einer dichten Pflanzendecke nicht durch eine «Gährung» hervorgerufen werden. Eine Zunahme des Lockerheitsgrades des Bodens unter den Pflanzen wird überhaupt nicht konstatirt werden können, sondern nur eine Erhaltung desselben in mehr oder minderem Grade. Sowohl in dem durch Pflanzen beschatteten wie in dem brachliegenden Boden vermindert sich der bei der mechanischen Bearbeitung vor der Saat hervorgebrachte Lockerheitszustand, im ersteren Fall jedoch bei Weitem nicht in dem Maße wie im letzteren, und um so weniger, je üppiger sich die Pflanzen entwickelt haben und je dichter sie stehen. Die Ursache dieser Erscheinung ist, wie bereits oben ausgeführt wurde, darin begründet, daß durch die Pflanzendecke die eine Zerstörung der Struktur der Ackererde veranlassenden Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge wesentlich abgeschwächt werden. Von einer durch die Pflanzen bewirkten Gährung und einer damit verknüpften Volumvermehrung des Bodens (Beschattungsgahre) kann nach alledem keine Rede sein, sondern nur von einer Erhaltung des ursprünglichen günstigen mechanischen Zustandes des Erdreiches in einem gewissen Grade, und zwar in Folge des durch die Pflanzendecke dem letzteren

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 261.

gewährten Schutzes gegenüber den die Struktur zerstörenden Einflüssen der atmosphärischen Niederschläge.

Eine durch Selbstlockerung hervorgerufene Volumvermehrung des Bodens dürfte in der Natur nur dadurch zu Stande kommen, daß die bei wechselnder Anfeuchtung und Austrocknung oder bei dem Gefrieren und Aufthauen entstehenden Aggregatbildungen bei Gegenwart gewisser Salze mehr oder weniger persistiren, solange diese Salze[1]) in dem Boden erhalten sind. An sich sind die betreffenden chemischen Agentien unfähig, eine solche Wirkung hervorzurufen; sie können nur, wie oben nachgewiesen, die unter dem Einfluß der Befeuchtung und der atmosphärischen Niederschläge bedingte Volumverminderung hintanhalten, aber sie werden aus demselben Grunde zur Erhaltung der Krümel beitragen, welche sich bei den Volumveränderungen des Bodens bei wechselndem Feuchtigkeitsgehalt oder bei dem Gefrieren gebildet haben[2]). Die unter solchen Umständen stattfindende Volumvermehrung ist jedoch bei dem nicht bearbeiteten Boden im Allgemeinen gering und macht sich erst nach längerer Zeit bemerkbar, besonders dann, wenn der Boden mit Waldbäumen und mit Mull bedeckt ist. In dem Ackerlande, welches zeitweilig entblößt ist, sind die Wirkungen der Niederschläge zu stark, als daß die betreffenden Erscheinungen nachgewiesen werden könnten. Dies wird nur der Fall sein bei dem in rauher Furche liegenden und dem Winterfrost ausgesetzten Boden.

5. Thätigkeit der Thiere.

Der Vollständigkeit wegen mag schließlich darauf hingewiesen werden, daß durch die im Boden vorkommenden Thiere eine Auflockerung des Erdreiches bewirkt wird, welche eine Volumvermehrung desselben zur Folge hat. Eine gleichmäßige, über die ganze Bodenmasse sich erstreckende Veränderung des mechanischen Zustandes wird jedoch nur durch niedere Thiere, vornehmlich durch die Regenwürmer hervorgerufen. Letztere tragen, wie Referent an einer anderen Stelle nachgewiesen hat[3]),

[1]) Siehe oben S. 20.

[2]) *E. Ramann*. Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin. 1893. S. 234. — *E. Wollny*. Die Zersetzung der organischen Stoffe u. s. w. Heidelberg. 1897. S. 314.

[3]) Diese Zeitschrift. Bd. XIII. 1890. S. 381.

wesentlich zu einer Krümelung und dadurch zu einer Volumvermehrung des Erdreiches bei. In einem mit Würmern besetzten humosen Diluvialsandboden betrug die Zunahme des Volumens in Folge der Lockerung 27,5%. Einen ähnlichen Einfluß, wenngleich in geringerem Grade, mögen auch andere im Boden vorkommende Thierarten (Insektenlarven, Würmer u. s. w.) ausüben.

Bei Zusammenfassung der Resultate der im Vorstehenden mitgetheilten Versuche ergeben sich folgende Gesetzmäßigkeiten:

1) Bei normaler Bearbeitung, d. h. bei Herbeiführung der Krümelstruktur erfährt der Boden eine Volumvermehrung, welche je nach der physikalischen Beschaffenheit desselben ca. 15—40%, bezogen auf das Volumen im dichten Zustande, beträgt.

2) Die betreffende Volumzunahme ist im Allgemeinen um so größer, je reicher der Boden an thonigen und humosen und je ärmer er an sandigen Bestandtheilen ist. Bei den Sandböden nimmt das Volumen derselben unter den bezeichneten Umständen in dem Maße zu, als die Körnchen feiner sind und umgekehrt.

3) Die durch Lockerung hervorgerufene Volumveränderung des Erdreiches ist beträchtlicher, wenn letzteres gekrümelt wird, als in dem Falle, wo es eine pulverförmige Beschaffenheit erhält.

4) Der gelockerte Boden erfährt durch die Anfeuchtung an sich, namentlich aber durch die seitens der atmosphärischen Niederschläge ausgeübten mechanischen Wirkungen eine Verminderung in seinem Volumen bis zu dem Punkt, wo die dichteste Aneinanderlagerung der Bodentheilchen erreicht ist.

5) Der ad 4 geschilderte Einfluß der meteorischen Wässer macht sich um so früher und in um so höherem Grade geltend, je ergiebiger die einzelnen Niederschläge sind, je leichter die Aggregate im Boden zerfallen und je geringer der Schutz ist, welcher dem Erdreich zu Theil wird. Die in Rede stehende Volumabnahme ist daher unter sonst gleichen Verhältnissen um so geringer, je bündiger der Boden ist und vice versa. Sie ist ferner im nackten Zustande ungleich beträchtlicher als dort, wo das Land mit einer vegetirenden Pflanzendecke oder mit einer Decke abgestorbener Pflanzentheile versehen ist, und zwar tritt der bezügliche Einfluß der Pflanzen um so stärker hervor, je üppiger sich diese entwickelt haben und je dichter dieselben stehen.

6) Bei dichtester Lagerung der Partikel hat die Anfeuchtung eine Ausdehnung (Expansion) und die Austrocknung eine Zusammenziehung (Kontraktion) der Bodenmasse zur Folge. Die bezüglichen Volumveränderungen sind bei dem Humus am größten, dann folgt in absteigender Reihe der Thon, während der Sand die geringste und bei genügender Grobkörnigkeit keinerlei Zu- resp. Abnahme seines Volumens aufzuweisen hat. Unter den übrigen Bestandtheilen des Bodens, welche ihr Volumen in einem weit schwächeren Grade als der Thon verändern, weist das Eisenoxydhydrat die größten, der kohlensaure Kalk geringere Schwankungen in der Raumerfüllung auf, welche letztere denen des feinsten Quarzes ähnlich sind, und nimmt der schwefelsaure Kalk die letzte Stelle ein, insofern derselbe nur höchst unbedeutenden Wandlungen in seinem Volumen unterliegt. Der Einfluß der Größe der Partikel bei den Sandsorten läßt sich dahin präzisiren, daß dieselben innerhalb gewisser Grenzen sich um so mehr ausdehnen und zusammenziehen, je feinkörniger sie sind.

7) Bei der Austrocknung entstehen in den Böden, mit Ausnahme der reinen Sandböden, in den oberen Schichten Spalten, welche immer senkrecht auf die Spannungsrichtung das Erdreich durchziehen. «Ihre Breite ist das Maß der seitlichen Zusammenziehung des Bodens. Je langsamer der Boden austrocknet, in um so größerer Entfernung treten die Risse auf; je rascher die Austrocknung erfolgt, um so mehr sind sie genähert.» (F. Haberlandt.) Aus diesem Grunde erweist sich der nackte Boden in den oberen Partieen von zahlreicheren Spalten durchsetzt als der mit Pflanzen bedeckte, in welchem eine langsamere Verdunstung in den zu Tage tretenden Schichten, und in der Wurzelregion eine gleichförmigere Austrocknung stattfindet.

8) Der Einfluß von Hydraten und Salzen auf die Volumveränderungen der thonreichen Böden tritt in der Weise in die Erscheinung, daß die Kontraktion der lockeren Masse bei der Anfeuchtung und nachfolgenden Austrocknung bei Gegenwart von Alkalikarbonaten am stärksten ist, geringer bei derjenigen von Chloriden und Nitraten, und am geringsten in dem Fall, wo dem Erdreich Kalkhydrat beigemischt ist. Die bei dichter Lagerung der Partikel nach der Anfeuchtung erfolgende Expansion des Bodens ist bei dem Vorhandensein der bezeichneten chemischen Agentien um so größer, je stärker die Kontraktion der lockeren Masse in Folge der Anfeuchtung und Austrocknung war und umgekehrt.

9) Eine Volumvermehrung des Bodens durch vermehrte Kohlensäure-

bildung bei höherer Intensität des Zersetzungsprozesses der organischen Stoffe, wie solche bei der Brachehaltung veranlaßt wird (Ackergahre), findet nicht Statt, weil das Erdreich dem Austritt des Gases kein Hinderniß entgegenstellt. Der namentlich bei dichtem Stande und üppigem Wachsthum der Pflanzen beobachtete Lockerheitszustand des Erdreiches wird nicht durch «Gährungen» hervorgerufen (Beschattungsgahre), die überdies in Folge der Austrocknung des Bodens durch die Pflanzen und der relativ niedrigen Bodentemperatur vermindert sind, sondern derselbe ist dem Schutz zuzuschreiben, welchen die Pflanzendecke dem Erdreich gegenüber den die Struktur desselben zerstörenden Einwirkungen der atmosphärischen Niederschläge gewährt.

10) Eine Volumvermehrung des Bodens unter natürlichen Verhältnissen macht sich nur bemerkbar, wenn durch wechselnde Anfeuchtung und Austrocknung, besonders aber durch das Gefrieren des Bodens eine Aggregatbildung veranlaßt wird. Die Beständigkeit der hierbei entstandenen Krümel wird namentlich durch die Gegenwart von Kalk verstärkt. Außerdem kann eine Zunahme des Volumens des Erdreiches durch die Thätigkeit niederer, dasselbe in größerer Zahl bewohnender Thiere, namentlich der Regenwürmer, hervorgerufen werden.

Neue Litteratur.

F. H. King. **The number of inches of water required for a ton of dry matter in Wisconsin.** Report of the Wisconsin Experiment Station. 1894. p. 240—248.

F. H. King. **Field experiments on the percolation of water as related to irrigation.** Ibidem. p. 249—265.

F. H. King. **The rate of percolation from long columns of soil.** Ibidem. p. 285—288.

J. M. van Bemmelen. **Die Absorption.** Das Wasser in den Kolloïden, besonders in dem Gel der Kieselsäure. Zeitschrift für anorganische Chemie. Bd. XIII. 1896. S. 233—356.

P. P. Dehérain. **Sur la réduction des nitrates dans la terre arable.** Annales agronomiques. T. XXIII. No. 2. 1897. p. 49—79.

A. Baumann. **Die Moore und die Moorkultur in Bayern.** (Vierte Fortsetzung.) Forstlich-naturwissenschaftliche Zeitschrift. 1897. S. 81—101.

II. Physik der Pflanze.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XCVIII. Untersuchungen über den Einfluß der Wachsthumsfaktoren auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

Die Bestrebungen zur Ergründung der für die Pflanzenkultur normgebenden Naturgesetze haben bisher vorzugsweise die Ernährungsvorgänge zum Gegenstand genommen. Zahlreiche und sorgfältig hierauf gerichtete Untersuchungen haben eine Reihe sehr wichtiger Beziehungen zwischen der stofflichen Zusammensetzung des Bodens und der Quantität und Qualität der produzirten Pflanzensubstanz zu Tage gefördert. Den Forschungen eines *Davy, Sprengel* und vor Allem eines *Justus von Liebig* und seiner Nachfolger ist die Kenntniß zu verdanken, welcher Stoffe die Pflanzen zum Aufbau ihrer Organe bedürfen, aus welchen Medien, ob aus dem Boden oder der Atmosphäre, diese Stoffe entnommen werden, und in welchen Mengen und Verbindungen sie vorhanden sein müssen, um diese oder jene Erscheinung hervorzurufen. Wir kennen mehr oder weniger die chemischen Vorgänge in den verschiedenen Entwickelungsstadien der Pflanzen: kurz, wir sind der Chemie für eine stattliche Folge von Entdeckungen verpflichtet, die, wenn auch keinesfalls erschöpfend, doch die mannigfachste praktische Nutzanwendung zulassen und zur Richtschnur dienen müssen, um dem Boden mit dem geringsten

Kostenaufwand die größtmögliche Menge von Pflanzensubstanz abzugewinnen.

Bei so hervorragenden Leistungen kann es nicht auffallen, wenn man, auf dem betretenen Wege verharrend, den im Uebrigen sich geltend machenden Einwirkungen auf das Pflanzenleben geringere Beachtung zuwendete, und so in eine gewisse Einseitigkeit gerieth, welche der wissenschaftlichen Erkenntniß wie auch den Fortschritten in der Praxis Abbruch thun mußte. Nicht überall, wo durch sorgfältig geleitete Düngung des Bodens das Nahrungsbedürfniß befriedigt erschien, wurde der höchste, den natürlichen Verhältnissen entsprechende oder nur ein solcher Ertrag erzielt, wie er den aufgewendeten Mitteln nach erwartet werden konnte. Beispielsweise mag hier nur an den geringen Erfolg bei Anwendung künstlicher Düngemittel auf trockenen und nassen Böden oder bei sehr dichtem Stand der Gewächse erinnert sein. Bekannt ist ferner, daß gewisse Pflanzenspezies bei gleichen oder ähnlichen Ansprüchen an die Nahrung ein sehr verschiedenes Gedeihen zeigen, wenn die physikalischen Eigenschaften des Bodens verschieden sind oder Klima und Witterung abweichende Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse herbeiführen. Offenbar ist es demnach der Vorrath an Nährstoffen in der Ackererde nicht allein, welcher das Wachsthum der Kulturgewächse bedingt, vielmehr ist dasselbe ebensowohl von physiologischen Prozessen in der Pflanze, welche durch Licht, Wärme, Organisation des Pflanzengewebes u. s. w. bestimmt werden, von der Gestaltung der meteorologischen Elemente, von den physikalischen Eigenschaften des Bodens abhängig, und dafür nicht mindere Beachtung wie für die stoffliche Zusammensetzung des Bodens in Anspruch zu nehmen.

Wenn man sich sonach in der Folge mit dem Gedanken wird vertraut machen müssen, daß eine große Reihe von Erscheinungen nicht nach chemischen, sondern nach physiologischen Gesichtspunkten zu beurtheilen ist, so wird man auch nicht umhin können, die Pflanzenphysiologie als eine der wichtigsten Grundwissenschaften für den Pflanzenbau zu bezeichnen. Einer der ersten, welcher in richtiger Erkenntniß der in der agrikulturchemischen Forschung bestehenden Lücken die Lehre der Ernährung der grünen Gewächse auf physiologischer Grundlage behandelte und sich dadurch ein großes Verdienst um die Entwickelung der Landwirthschaftswissenschaft

erworben hat, war *Adolf Mayer,* welcher die vorhandenen Thatsachen mit großem Geschick sichtete und übersichtlich zusammenstellte[1]). Indessen ist es diesem Forscher nicht gelungen, die ganze Tragweite der von ihm gezogenen Schlußfolgerungen zu erkennen, weil er die gegenseitige Abhängigkeit der Wachsthumsfaktoren von einander nicht eingehender berücksichtigte und viele derselben als unabänderbar, oder deren Wirkungen als unregulirbar betrachtete.

Experimentelle Belege für die Einwirkung verschiedener Wachsthumsfaktoren auf die Entwickelung und das Ertragsvermögen der Nutzgewächse wurden in großer Zahl von *Hermann Hellriegel*[2]) geliefert und zwar zunächst zu dem Zweck, die Bedingungen ausfindig zu machen, an welche die vortheilhafteste Ausführung von Kulturversuchen in Töpfen geknüpft ist. Trotzdem aber die Ergebnisse, welche bezüglich des Einflusses der isolirten Faktoren gewonnen worden waren, zur Aufstellung einer ganzen Reihe wichtiger Gesetzmäßigkeiten geführt hatten, wurde von *Hellriegel* dennoch nicht der Versuch gemacht, das Gemeinsame in denselben hervorzuheben und dadurch die Grundlagen für ein allgemeines Produktionsgesetz zu schaffen. Diese Erscheinung ist um so auffallender, als bei Durchsicht der *Hellriegel*'schen Versuche Jedem, der sich eingehender mit naturwissenschaftlichen Forschungen beschäftigt hat, ein derartiges Gesetz gewissermaßen aufdrängt. Ohne Zweifel würde *Hellriegel* hierzu gelangt sein, wenn er einen Schritt weiter gegangen wäre, d. h. die Wirkungen der kombinirten Faktoren in das Bereich seiner Untersuchungen, unter Berücksichtigung der von den Pflanzenphysiologen ermittelten Thatsachen, gezogen hätte.

Von den letzteren ist nun in Bezug auf den vorliegenden Gegenstand vor Allem jene von größter Wichtigkeit, welche *J. Sachs* zunächst betreffs des Einflusses der Temperatur auf die Vegetation ermittelt hat[3]) und aus welcher sich ergiebt, daß jede Funktion in der Pflanze erst bei einer bestimmten unteren Temperatur beginnt (Minimum), von da ab mit steigender Temperatur beschleunigt wird bis zu einer

---

[1]) *A. Mayer.* Lehrbuch der Agrikulturchemie. Heidelberg. Carl Winter. Erste Auflage. 1871. Vierte Auflage. 1895.

[2]) *H. Hellriegel.* Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig. 1883. Friedrich Vieweg und Sohn.

[3]) Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. II. 1860. S. 338.

gewissen Grenze (Optimum), bei welcher ein Maximum der Leistung der Funktion eintritt und daß diese bei noch weiterer Steigerung der Temperatur stetig abnimmt, um bei einer oberen Temperatur wieder zum Stillstand zu gelangen (Maximum). Hiermit war für die Wirkung eines der wesentlichsten Wachsthumsfaktoren ein Gesetz ermittelt worden, in welchem zum ersten Mal der Begriff des Optimums zum Ausdruck gelangte. Für die übrigen Lebensbedingungen wurden in der Folge zwar ähnliche Beziehungen zu den Wachsthumserscheinungen innerhalb einzelner Intensitätsgrenzen ermittelt, doch wurden hierbei die sich ergebenden gemeinsamen Gesichtspunkte mehr oder weniger außer Acht gelassen.

Um besonders in letzterer Beziehung weitere Anhaltspunkte zu liefern, welche sowohl eine theoretische wie auch praktische Nutzanwendung auf dem Gebiete des Pflanzenbaues finden könnten, wurde von dem Referenten in dem letzten Jahrzehnt eine Reihe von Vegetationsversuchen zur Ausführung gebracht, welche dazu bestimmt waren, den Einfluß der isolirten gleichergestalt wie denjenigen der kombinirten Wachsthumsfaktoren auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen näher zu ergründen. Ueber die in dieser Richtung gewonnenen Resultate geben die folgenden Zeilen Auskunft.

I. Einfluß des Wassers.

Wenn in den vorliegenden Betrachtungen der Einfluß des Wassers an erster Stelle berücksichtigt wird, so ist die Berechtigung hierfür aus dem Umstande herzuleiten, daß dieser Faktor nicht allein in dem Pflanzenleben eine höchst bedeutsame Rolle spielt, sondern auch bei allen Maßnahmen des Pflanzenbaues, wie späterhin gezeigt werden soll, vorerst in das Auge zu fassen ist. Dies ist bereits von den alten Kulturvölkern erkannt worden, wie z. B. aus der oftmals zitirten Sentenz *Pindar*'s: «Ἄριστον μὲν ὕδωρ» deutlich genug hervorgeht.

Die älteren, vorliegenden Gegenstand betreffenden Versuche[1]) waren bei Abstufungen des Feuchtigkeitsgehaltes des Erdreichs angestellt worden, bei welchen das Maximum nicht erreicht wurde. Zur Vervoll-

[1]) Vergl. die einschlägige Litteratur. Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 154—161.

ständigung derselben wurden deshalb von dem Referenten mit verschiedenen Kulturgewächsen in Glashäusern Topfversuche ausgeführt, in welchen auch der Einfluß eines Uebermaßes von Wasser bestimmt werden sollte.

Die außen glasirten und mit einem geschlossenen Boden versehenen Blumentöpfe wurden mit humoser Ackererde von verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt gefüllt. Um die Abstufungen in letzterem zu bestimmen, wurde zunächst ein Topf mit lufttrockener Erde unter Festdrücken jeder ca. 3 cm hohen Schicht bis 2 cm unter dem Rande gefüllt, das Gewicht der Erde festgestellt und hierauf letztere bis zur Oberfläche vollständig mit Wasser gesättigt. Die aufgenommene durch Wägen bestimmte Wassermenge, entsprechend der größten Wasserkapazität des Bodens[1]), wurde = 100 gesetzt und hiernach unter Anwendung derselben Erdmenge der Feuchtigkeitsgehalt in den Versuchsgefäßen von 80, 60, 40, 20 % u. s. f. bemessen. Das betreffende Wasserquantum wurde bis zu 60 % mit der Erde vor dem Einfüllen der letzteren in die Töpfe gleichmäßig gemischt, bei 80 und 100 % durch behutsames Aufgießen zugeführt. Die Gefäße enthielten sonach eine ganz gleiche Quantität Boden und, weil dieser zuvor gleichmäßig gemischt worden war, auch eine gleiche Nährstoffmenge, dagegen einen verschiedenen Wassergehalt. Da außerdem die Gefäße innerhalb jeder Reihe von gleichem Inhalt waren, so stellten sich auch keine Unterschiede in dem Bodenvolumen heraus.

In Ansehung des Umstandes, daß die Bodenfeuchtigkeit in den trockeneren Erdproben für die Keimung nicht ausgereicht haben würde, wurden Anfangs die obersten Schichten feucht erhalten. Nach dem Aufgang der Pflanzen wurde jedoch durch Verdunstenlassen des Wassers der ursprüngliche Feuchtigkeitsgrad hergestellt. Im Uebrigen wurde das verdunstete Wasser durch tägliches Aufgießen einmal (Morgens), in heißen Perioden zweimal (Morgens und Abends) ersetzt.

Die Blumentöpfe wurden in zwei Größen verwendet, nämlich:

1) ca. 4 L. Inhalt und einer Bodenoberfläche von 380 qcm,

2) » 8 L. » » » » » 490 » .

---

[1]) Die hygroskopische Feuchtigkeit des Bodens im lufttrockenen Zustande wurde hierbei nicht in Anrechnung gebracht, weil dieselbe nach allen vorliegenden Erfahrungen von den Pflanzen nicht verwerthet werden kann.

Die ad 1) bezeichneten wurden in den Versuchen I—IX und XI, die andern in den Versuchen X und XII benutzt.

Sowohl in diesen als in den folgenden Versuchsreihen wurde ein Diluvialsandboden mit ca. 4 % Humus und 2 % Kalk, und wo nichts bemerkt ist, im ungedüngten Zustande in Anwendung gebracht, mit Ausnahme derjenigen Versuche, welche, wie besonders angeführt ist, mit Quarzsand, Lehm und Torf ausgeführt wurden.

Die Ergebnisse sind aus folgenden Tabellen zu entnehmen:

Versuch I. (1886.)

Sommerroggen.

Je 7 Pflanzen.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität	Zahl		Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken			
	der Aehren	der Körner	Körner	Stroh	Spreu	Summa
20	17	87	2,2	4,5	0,7	7,4
40	23	131	**3,6**	**7,0**	**0,9**	**11,5**
60	16	78	2,4	4,5	0,5	7,4
80	12	23	0,6	3,8	0,3	4,7
100	4	0	0,0	1,5	0,1	1,6

Versuch II. (1887.)

Sommerroggen.

Je 6 Pflanzen.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität	Ernte. Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken		
		Körner	Stroh und Spreu	Summa
10	15	0,2	2,5	2,7
20	128	2,0	4,5	6,5
40	185	3,2	9,7	12,9
60	282	**4,5**	**12,2**	16,7
80	269	3,5	13,4	16,9
100	57	0,7	3,2	3,9

Versuch III. (1888.)

Sommerroggen.

Je 6 Pflanzen.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität	Zahl		Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken		
	der Aehren	der Körner	Körner	Stroh und Spreu	Summa
20	16	52	1,25	3,8	5,05
40	14	208	5,88	9,4	15,28
60	20	328	**8,43**	**13,0**	**21,43**
80	21	222	6,50	9,2	15,70
100	7	112	3,00	4,9	7,90

Versuch IV. (1889.)

Sommerroggen.

Je 5 Pflanzen.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität.	Zahl der Aehren	Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh	Spreu	Summa
20	19	196	4,60	5,5	0,2	10,30
40	20	392	11,03	14,3	0,6	25,93
60	22	477	13,20	19,3	0,5	33,00
80	22	601	**15,12**	**21,0**	**0,6**	**36,72**
100	15	98	2,38	3,5	0,1	5,98

Versuch V. (1890.)

Sommerroggen.

Je 5 Pflanzen.

20	8	87	1,4	3,2	4,6
40	11	161	3,2	7,1	10,3
60	10	241	**5,1**	**12,5**	**17,6**
80	11	192	4,4	10,1	14,5
100	1	0	0	0,2	0,2

Versuch VI. (1888.)

Erbse.

Je 5 Pflanzen.

	Hülsen.					
20	4	4	1,04	3,4	0,4	4,84
40	11	29	10,94	13,6	2,4	26,94
60	16	40	16,87	32,0	3,3	52,17
80	17	66	**22,68**	**45,4**	**3,8**	**71,88**
100	10	19	6,34	20,3	1,6	28,24

Versuch VII. (1890.)

Erbse.

Je 5 Pflanzen.

20	8	15	4,6	9,0	13,6
40	10	28	11,7	10,2	21,9
60	19	50	18,4	21,3	39,7
80	21	56	**20,6**	**25,0**	**45,6**
100	0	0	0	0	0

Versuch VIII. (1883.)

Pferdebohne.

Je 6 Pflanzen.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität	Zahl der Hülsen	Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh	Spreu	Summa
10	2	4	1,3	2,3	0,2	3,8
20	8	11	3,5	4,9	1,1	9,5
40	10	26	10,6	9,8	2,6	23,0
60	14	30	14,0	13,4	3,8	31,2
80	26	53	**21,9**	**25,6**	**6,0**	**53,5**
100	9	19	7,4	12,6	1,8	21,8

Versuch IX. (1883.)

Sommerraps.

Je 6 Pflanzen.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität	Ernte. Zahl der Schoten	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh	Spreu	Summa
10	36	0,8	3,1	1,3	5,2
20	65	2,5	4,4	2,5	9,4
40	131	**4,6**	**9,7**	**5,7**	**20,0**
60	95	4,2	7,4	4,0	15,6
80	92	3,3	6,9	3,7	13,9
100	17	0,2	1,3	0,6	2,1

Versuch X. (1887.)

Sommerraps.

Je 6 Pflanzen.

10	34	0,4	2,8	3,2
20	88	1,2	5,0	6,2
40	132	3,6	7,2	10,8
60	168	**6,0**	**11,6**	**17,6**
80	136	4,8	8,6	13,4
100	50	1,6	3,0	4,6

Versuch XI. (1890.)

Sommerraps.

Je 5 Pflanzen.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität	Zahl der Schoten	Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh und Spreu	Summa
20	40	490	0,9	2,1	3,0
40	74	896	2,1	6,2	8,3
60	120	1440	**3,8**	**8,8**	**12,6**
80	91	1092	1,9	6,7	8,6
100	16	108	0,3	1,0	1,3

Versuch XII. (1888.)
Kartoffel.
Je 1 Pflanze.

Feuchtigkeit des Bodens. Proz. der vollen Sättigungskapazität	Ernte		Durchschnittliches Gewicht einer Knolle
	Zahl der Knollen	Gewicht der Knollen gr	gr
20	3	19,5	6,50
40	2	39,3	19,65
60	5	70,4	14,08
80	5	80,1	16,02
100	7	70,9	10,13

Diese Zahlen, welche mit den Resultaten der Versuche älterer Autoren in voller Uebereinstimmung stehen, lassen deutlich erkennen, daß die Erträge der Kulturpflanzen mit steigender Wasserzufuhr bis zu einer bestimmten Grenze (Optimum) zunehmen, über welche hinaus dieselben sich bei weiterer Steigerung des Wasservorrathes stetig vermindern und schließlich fast auf Null herabsinken, wenn der Boden vollständig mit Wasser erfüllt ist (Maximum).

Dafür, daß das Produktionsvermögen der Gewächse bei voller Sättigung des Bodens (100 %) auf ein Minimum herabgeht, sprechen zwar nicht alle Versuchsresultate, einige derselben zeigen sogar, daß unter solchen Umständen noch ganz gute Ernten erzielt werden, aber es ist hierbei zu berücksichtigen, daß der in solchen Versuchen mit Wasser erfüllte Boden nicht ohne Weiteres mit demjenigen einer versumpften Fläche zu vergleichen ist. Dadurch, daß in der Zwischenzeit von einer Befeuchtung zur anderen ansehnliche Wassermengen verdunsten und dadurch die Bodenfeuchtigkeit nicht unwesentlich herabgedrückt wird, läßt sich der nasse Zustand nicht, wie unter natürlichen Verhältnissen, dauernd erhalten. Belangreicher mag in dieser Beziehung noch der Umstand sein, daß die bei vollständigem Erfülltsein des Bodens mit Wasser sich bildenden, dem Pflanzenwachsthum schädlichen Verbindungen in Vegetationsversuchen, wie den vorliegenden, wegen kurzer Dauer des Luftabschlusses in minderem Grade zur Geltung kommen als unter natürlichen Verhältnissen, wo das Erdreich beständig und in sehr langen Zeiträumen der Luft entzogen ist und sich in demselben jene Stoffe in

vergleichsweise viel größeren Mengen ansammeln können. Aus diesen Gründen ist der mit Wasser vollständig imprägnirte Boden in den Töpfen mit einer höheren Fruchtbarkeit ausgestattet, und läßt die Wirkung des Wasserübermaßes auf die Pflanzen nicht in dem Grade hervortreten, wie der nasse Boden in der Natur, der, wie die Beobachtungen der landwirthschaftlichen Praxis zur Genüge dargethan haben, bei fast sämmtlichen Kulturgewächsen nur minimale Ernten hervorzubringen vermag. In Ansehung solcher Thatsachen wird die Annahme berechtigt erscheinen, daß das Produktionsvermögen der Kulturgewächse fast auf Null herabsinkt, wenn das Wasser im Boden in einer Maximalmenge vorräthig ist.

Befindet sich andererseits in der Vegetationsschicht kein tropfbar flüssiges Wasser, so ist das Wachsthum der Pflanzen überhaupt nicht möglich, da die lebende Zelle ohne Wasser nicht zu existiren vermag. Die Pflanzen fangen sogar schon zu welken an und gehen schließlich zu Grunde, wenn der Wasservorrath nur einige Prozent derjenigen Wassermenge beträgt, welche der Boden im Maximum zu fassen im Stande ist[1]). Von diesem Minimum ab nimmt das Wachsthum mit der Vermehrung der zur Verfügung stehenden Wassermengen stetig zu und erreicht bei einem gewissen Wasservorrath das Maximum seiner Intensität.

Die Beziehungen des Wassergehaltes des Bodens zur Entwickelung der Pflanzen von der unteren Grenze bis zum Optimum lassen sich deutlich an den Unterschieden in der Ausbildung der einzelnen Organe nachweisen.

Die Abhängigkeit der W u r z e l b i l d u n g von den disponiblen Wassermengen haben *J. Fittbogen*[2]) und *F. Haberlandt*[3]) nachgewiesen. Ersterer Forscher wusch die Wurzeln aus und bestimmte darin die organische Substanz, indem er die getrocknete Masse glühte. Pro Kulturgefäß wurde gefunden: bei einer

Bodenfeuchtigkeit von	80—60	60—40	40—30	30—20	20—10 % d. gr. W.
Glühverlust (mgr):	470	429	440	359	109.

[1]) Vergl. *R. Heinrich.* Landw. Versuchsstationen. Bd. XVIII. 1875. S. 74. — *A. Mayer.* *Fühling's* landw. Zeitung. 1875. S. 87. — *A. von Liebenberg.* Landwirthschaftl. Zentralblatt für Deutschland. 1876. S. 419. — *W. Detmer.* Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 166.

[2]) *J. Fittbogen.* Landw. Jahrbücher. Bd. II. 1873. S. 353.

[3]) *F. Haberlandt.* Oesterr. landw. Wochenblatt. 1875. Nr. 30. S. 352.

Haberlandt bestimmte das Gewicht der Wurzeln und Stoppeln (Sommerweizen) bei einer

Wasserzufuhr von	24800	14400	6200 ccm
zu.	5,35	3,2	2,9 gr.

In gleicher Weise nimmt mit dem Feuchtigkeitsvorrath im Boden die Bestockung zu. In den Versuchen *Fittbogen*'s bei Hafer betrug durchschnittlich: bei einer

Bodenfeuchtigkeit von	80—60	60—40	40—30	30—20	20—10 % d. gr. W.
die Zahl der Sprosse	8	3	4	3	4.

Deutlicher trat der Einfluß des Wasservorrathes auf die Bestockung in den Versuchen *Haberlandt*'s mit Sommerweizen hervor, wie folgende Zahlen zeigen:

Wasserzufuhr (ccm)	24800	14400	6200
Zahl der ährentragenden Halme	18	12	5
Zahl der nicht geschoßten Halme	12	13	16
Summa	30	25	21.

Gleichzeitig wird der Stengel um so länger und stärker, je ergiebiger die Wasserzufuhr war. So ermittelte z. B. *Fittbogen* nach dieser Richtung folgende Zahlen (bei Hafer):

Bodenfeuchtigkeit. .	80—60	60—40	40—30	30—20	20—10 % d. gr. W.
Länge der Halme inkl. Rispe . .	615	521	543	312	161 mm
Länge der Halme exkl. Rispe . .	555	442	450	250	136 »
Größter Halmdurchmesser	3,9	4,1	3,6	3,3	1,4 ».

Aehnliche Verhältnisse sind den diesbezüglichen Untersuchungen *F. Haberlandt*'s zu entnehmen. Es betrug nämlich:

bei einer Wasserzufuhr von . . .	24800	14400	6200 ccm
die Länge der			
kürzesten ährentragenden Halme	70	30	20 cm,
längsten ährentragenden Halme .	95	65	35 ».

Der Einfluß des Wassers macht sich ferner auf die Entwickelung der assimilirenden Organe geltend, wie besonders *P. Sorauer*[1]) durch sehr sorgfältig ausgeführte Untersuchungen bei der Gerstepflanze nachgewiesen hat. Die betreffenden Messungen fanden in drei Ent-

[1]) *P. Sorauer*. Botanische Zeitung. 1873. Nr. 10.

wickelungsepochen statt: Zuerst, nachdem die Keimpflanzen 3—4 Blätter entwickelt, sodann, nachdem die Pflanzen ihre gesammte Blattmasse angelegt, die Aehren aber nicht geblüht hatten, endlich, nachdem die Pflanzen in die Milchreife getreten waren. Um möglichst reine Mittelwerthe und gleichzeitig eine Uebersicht der vorhandenen Schwankungen zu erhalten, wurde von jedem Topf die kleinste und die größte Pflanze der Messung unterworfen. In der folgenden Uebersicht wird als Blattlänge die Ausdehnung von der Ligula bis zur Spitze aufgefaßt; die Angaben über Blattbreite beziehen sich auf die Messung in der genauen Mitte obiger Blattlängen. Es wurden folgende Durchschnittswerthe für die drei Vegetationsstadien gefunden:

Bodenfeuchtigkeit[1].	Blattlänge.	Blattbreite.
10 %	93,70 mm	5,6
20 »	138,70 »	6,8
40 »	166,27 »	9,1
60 »	182,20 »	9,4.

Die Blätter werden also um so länger und breiter, je mehr bei gleicher Nährstoffmenge Wasser gleichzeitig zugeführt wird.

Aus der Breite und Länge der Blätter berechnete *Sorauer* die Größe der Blattfläche für die verschiedenen Versuchspflanzen und hiernach die Zahl der Spaltöffnungen, welche vorher pro qmm festgestellt worden war. Es stellte sich hierbei für die dritte Entwickelungsperiode, in der sämmtliche Versuchspflanzen vollständig ausgebildet waren, heraus, daß die Pflanzen

bei einer Bodenfeuchtigkeit von	eine Blattfläche von	thätige Spaltöffnungen
10 %	1590 qmm	138203 Stück
20 »	2340 »	179712 »
40 »	verunglückt	
60 »	4142 »	226402 »

besaßen. Da nun die Gewichtsmengen der produzirten Trockensubstanz ebenfalls mit dem zugeführten Wasserquantum steigen, so ergiebt sich, daß zur Produktion einer größeren Erntemasse durch vermehrte Wasserzufuhr auch absolut eine größere Menge von Spaltöffnungen thätig ist. Es ist somit durch diese Untersuchungen der Nachweis geliefert, daß

[1]) In Prozenten der vollen Sättigungskapazität.

das Assimilationssystem der Pflanze in gleicher Weise wie das nahrungsaufnehmende System mit der Bodenfeuchtigkeit innerhalb der hier gewählten Grenzen steigt und in dem gleichen Grade eine für die Produktionsfähigkeit der Pflanze günstige Ausbildung erfährt. Unter derartigen Umständen kann es nicht Wunder nehmen, wenn auch die Körnerentwickelung mit der zugeführten Wassermenge bis zu dem Punkt, wo letztere das Maximum des Ertrāgnisses gewährt, gleichen Schritt hält, wie dies aus den Ergebnissen der oben mitgetheilten Versuche hinlänglich hervorgeht.

Die Ursachen, welche die geschilderten Erscheinungen hervorrufen, sind verschiedener Art. Zunächst käme in dieser Richtung in Betracht, daß die Pflanzen zum Aufbau ihrer organischen Substanz des Wassers nicht entbehren können. Damit würden aber die auffallenden Unterschiede in dem Wachsthum der Pflanzen bei verschiedener Bodenfeuchtigkeit nur eine ungenügende Erklärung finden, weil die zur Bildung der organischen Stoffe erforderlichen Wassermengen relativ gering und selbst bei trockener Beschaffenheit des Erdreiches mehr als ausreichend sind. Die betreffenden Erscheinungen werden vielmehr auf die Verschiedenheiten in der Menge des aufgenommenen Wassers zurückgeführt werden müssen. Bei geringem Feuchtigkeitsgehalt des Erdreiches ist die Wasserversorgung der Pflanze eine spärliche, zumal das Wasser zum Theil in mehr oder minderem Grade von dem Erdreich durch die demselben zur Verfügung stehenden Attraktionskräfte (Flächenattraktion, Imbibition der kolloïdalen Bestandtheile, Kapillarität u. s. w.) festgehalten und dadurch an dem Uebertritt in die Wurzeln gehindert wird. Die Pflanze paßt sich zwar durch entsprechende Einrichtungen den gebotenen Wassermengen an, derart, daß sie turgeszent und am Leben bleibt, aber die Ausbildung ihrer Organe ist bedeutend reduzirt, weil die Druckkräfte in der Pflanze in Folge der unbedeutenden Wasseraufnahme unzulänglich sind. ein lebhafteres Wachsthum hervorzurufen. Mit der Zunahme des Wassergehaltes im Boden findet eine Steigerung der Wasseraufnahme und hiermit eine solche des Wurzeldruckes statt, der nach Maßgabe seiner Intensität dem Wachsthum der oberirdischen Organe, sowohl der zuerst entwickelten, als auch der seitlich angelegten, adventiven, sowie jenem der unterirdischen Vorschub leistet. Indem in solcher Weise die Pflanze sich, abgesehen von Nebenumständen, um so üppiger entfaltet, je größer

die derselben zur Verfügung stehenden Wassermengen sind, nimmt gleichzeitig in demselben Grade die Assimilationsthätigkeit, ebenso aber auch die Transpiration zu, und zwar die letztere in Folge Vergrößerung der verdunstenden Oberfläche und des hydrostatischen Wasserauftriebes[1]), Erscheinungen, welche die gleichsinnige Förderung der Stoffbildungsenergie, wie der Nahrungsaufnahme erklärlich machen. Aus solchen, wie den vorstehend geschilderten Gründen muß nothwendigerweise von einer unteren Grenze (Minimum) ab eine mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Vegetationsschicht Hand in Hand gehende Steigerung des Produktionsvermögens, und zwar wie nachgewiesen in einem sehr beträchtlichen Maße sich geltend machen.

Aus den die Beziehungen des Wasservorrathes im Boden zu dem Pflanzenwachsthum betreffenden Thatsachen könnte a priori die Schlußfolgerung abgeleitet werden, daß die Bildung organischer Substanz der zur Verfügung stehenden Wassermenge proportional, d. h. in dem Falle am größten sei, wo sich der Boden im vollkommen gesättigten Zustande befindet. Diese Anschauung würde indessen den thatsächlichen Verhältnissen widersprechen, insofern durch obige Versuche der Nachweis geliefert wurde, daß die günstigen Wirkungen des Wassers nur bis zu einer bestimmten Grenze (Optimum) in die Erscheinung treten, daß aber das Produktionsvermögen der Gewächse bei weiterer Steigerung der Bodenfeuchtigkeit stetig abnimmt und bei dem vollständigen Erfülltsein des Erdreiches mit Wasser (Maximum) fast auf Null herabsinkt. Zur Erklärung hierfür kann offenbar nicht eine direkte Einwirkung des Wassers in Anspruch genommen werden, vielmehr wird geschlossen werden müssen, daß dasselbe, sobald es in einem gewissen höheren Maß in der Vegetationsschicht enthalten ist, das Pflanzenwachsthum indirekt beeinflusse.

In dieser Beziehung könnte man, wie vielfach geschehen ist, geneigt sein, anzunehmen, daß bei hohem Feuchtigkeitsgehalt in Folge der starken Verdunstung eine für die Pflanzen schädliche Abkühlung des Bodens veranlaßt werde. Dieses Argument wäre aber insofern nicht stichhaltig, als die durch ein Uebermaß von Wasser hervorgerufene Temperaturerniedrigung in den Schichten, in welchen die Pflanzen ihre

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 289.

Wurzeln ausbreiten, nicht stark genug ist[1]), um eine so beträchtliche Verminderung in dem Erträgniß herbeizuführen, wie solche in den vorliegenden Versuchen sowohl als auch in der freien Natur beobachtet wurde. Das Verhalten der Pflanzen unter den geschilderten Verhältnissen wird vielmehr hauptsächlich auf die mit dem Wassergehalt zunehmende Beschränkung des Luftzutrittes zu dem Boden zurückzuführen sein, durch welche einerseits die Athmung der Pflanzenwurzeln eine Verminderung erleidet, andererseits Prozesse veranlaßt werden, welche die Umwandlung der in den vegetabilischen Resten enthaltenen Substanzen in assimilirbare Formen hintanhalten oder die Bildung von den Pflanzen schädlichen Verbindungen zur Folge haben.

Diese Einwirkungen werden sich natürlich erst von einer bestimmten Grenze ab, bis zu welcher die im Boden enthaltenen oder demselben zugeführten Luftmengen zur Unterhaltung der Athmung der Wurzeln oder der Verwesungsvorgänge ausreichend sind, geltend machen, darüber hinaus aber mit steigendem Wassergehalt an Intensität zunehmen und schließlich bei vollständigem Erfülltsein des Bodens mit Wasser in nachtheiligster Weise das Pflanzenwachsthum beeinflussen. Unter dem mangelnden Luftzutritt unterliegen die organischen Reste nicht mehr der Verwesung, sondern der Fäulniß, bei welcher die in jenen Materialien enthaltenen stickstoffhaltigen und mineralischen Bestandtheile nicht in einen aufnehmbaren Zustand, wie bei ersterem Vorgang, übergehen, sondern von den sich anhäufenden sauren Humusstoffen eingeschlossen werden und auf diese Weise für die Ernährung der Pflanzen größtentheils verloren gehen. Außerdem entstehen unter dem Abschluß der Luft in Folge von Desoxydationsprozessen unter Umständen Produkte, die wie das schwefelsaure Eisen- und Manganoxydul, der schwefligsaure Kalk und das Schwefelcalcium geradezu eine giftige Wirkung auf die Pflanzen ausüben können. Das Wasser übt sonach unter den in Rede stehenden Verhältnissen an sich keine, sondern nur dadurch eine schädigende Wirkung auf die Vegetation aus, daß es den Sauerstoffzutritt zum Boden hemmt, wodurch derselbe hinsichtlich der Athmung der Wurzeln, sowie der Ernährung der Pflanzen eine ungünstige, sich bis zur vollständigen Unfruchtbarkeit steigernde Beschaffenheit erhält.

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 147.

Wie leicht begreiflich, hat die Kenntniß der besonderen Ansprüche der verschiedenen Pflanzenspezies an den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, in specie des Optimums dieses Wachsthumsfaktors für die Pflanzenkultur eine große Bedeutung, denn offenbar wird man in der Praxis danach zu trachten haben, durch geeignete Maßnahmen denjenigen Feuchtigkeitszustand im Ackerlande wenigstens annähernd herzustellen, bei welchem ein Maximum des Ertrages gewährleistet ist. Hierbei wird jedoch berücksichtigt werden müssen, daß die Anforderungen der einzelnen Spezies an den Wasservorrath in bezeichneter Richtung nicht durch bestimmte Werthe charakterisirt werden können, weil das Optimum nicht nur durch die besonderen Eigenschaften der betreffenden Pflanzenart, sondern in ganz hervorragender Weise durch die physikalische Beschaffenheit des Bodens, die Ausbildung der Pflanzen und die Standdichte nicht minder bedingt ist, wie durch die Witterungs- und klimatischen Verhältnisse.

Dafür, daß derjenige Wassergehalt des Bodens, bei welchem das Maximum des Ertrages beobachtet wird, größeren Schwankungen unterworfen ist, liefern die Versuche des Referenten bereits mehrere lehrreiche Beispiele. Bei dem Sommerroggen lag das Optimum in Versuch I bei 40 %, in den Versuchen II, III und V bei 60 %, dagegen in Versuch IV bei 80 % der vollen Sättigungskapazität des Bodens. Aehnliche Unterschiede ergaben sich bei dem Sommerraps, der in dem einen Fall (Versuch IX) bei 40 %, in den übrigen Versuchen (X und XI) erst bei 60 % der Maximalwassermenge den höchsten Ertrag geliefert hatte. Die Ursachen dieser Oszillationen sind hauptsächlich darin zu suchen, daß das Wasserbedürfniß der Gewächse je nach der herrschenden Temperatur und Luftfeuchtigkeit sich verschieden gestaltet, und daß dasselbe in gleicher Weise einem Wechsel unterliegt nach Maßgabe der Standdichte und der Ueppigkeit der Entwickelung der Pflanzen. Wie bei einer anderen Gelegenheit gezeigt wurde[1]), ist die verdunstete Wassermenge um so größer, je enger die Pflanzen stehen und je kräftiger deren Organe ausgebildet sind und umgekehrt. In gleicher Weise muß sich aber auch das Optimum der Wirkung des Wassers auf die Pflanzen verschieben, weil für dasselbe der Wasserverbrauch der Gewächse maß-

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 289.

gebend ist. Dazu kommt, daß auch bei verschiedener physikalischer Beschaffenheit des Bodens Aenderungen in den Beziehungen der Bodenfeuchtigkeit zum Pflanzenwachsthum hervorgerufen werden, insofern als zur Entwickelung und zur Erzielung von Maximalernten ein um so geringerer Wasservorrath unter sonst gleichen Verhältnissen nothwendig ist, je weniger stark das Wasser vom Boden festgehalten wird und vice versa. Böden, welche aus gröberen Theilchen zusammengesetzt sind und eine geringe Menge kolloïdaler Bestandtheile enthalten (Sand), gewährleisten bei einem niedrigeren Wassergehalt das Maximum des Ertrages, als solche, welche eine entgegengesetzte Beschaffenheit besitzen (Thon, Humus)[1]).

Wenn sonach angenommen werden muß, daß das Optimum des Wassers je nach äußeren Umständen mannigfache Verschiebungen erfährt, so erscheint dennoch die Frage nicht überflüssig, ob die betreffenden Schwankungen in der Natur in einem so großen Umfange erfolgen, wie in den vorliegenden Untersuchungen. Wahrscheinlich dürften sie geringer sein, wie aus dem Umstande zu schließen ist, daß die in den Vegetationsversuchen auf ein verhältnißmäßig kleines Erdvolumen angewiesenen Pflanzen, den Boden im höheren Grade an Wasser erschöpfen, als in der freien Natur, wo die Gewächse mit ihren Wurzeln tiefer in den Boden eindringen, und letzterer sich nicht so stark erwärmt, wie in den Gefäßen. Aus diesen Gründen dürften die Schwankungen in demjenigen Wassergehalt, bei welchem das höchste Erträgniß erzielt wird, in Wirklichkeit nicht so beträchtlich sein und die Optima niedriger liegen, als durch die vorliegenden Untersuchungen nachgewiesen wurde. Gleichergestalt dürfte sich aber auch ergeben, daß Topfversuche, wenn nicht ein sehr großes Bodenvolumen und ein sehr dünner Stand der Pflanzen gewählt wird, zur annähernden Bestimmung der Grenzen, innerhalb welcher bei den einzelnen Spezies das Maximum der Produktionsfähigkeit erreicht wird, und durch welche sie sich von einander unterscheiden, wenig brauchbar sind und nur zur Beurtheilung des Einflusses des Wassers im Allgemeinen dienen können.

Um dennoch eine ungefähre Vorstellung von den bezüglichen Werthen zu gewinnen, wird es nützlich erscheinen, die in anderweitigen

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XV. 1892. S. 427.

Untersuchungen gemachten Beobachtungen über die Erschöpfung des Bodens an Wasser seitens der verschiedenen Kulturen[1]) behufs annähernder Schätzung des Optimums der Wirkung dieses Wachsthumsfaktors heranzuziehen. Bei Anwendung dieses Verfahrens kommt man zu der Ueberzeugung, daß im Allgemeinen die Getreidearten und die bei weitem Stande angebauten Wurzel- und Knollenfrüchte die geringsten Ansprüche an den Wasservorrath des Bodens stellen (Optimum 40—60 % der größten Wasserkapazität), daß das Optimum der Mehrzahl der übrigen Kulturgewächse bei ca. 50—70 % der vollen Sättigungskapazität gelegen ist, während die perennirenden Futtergewächse die höchsten Anforderungen an den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens stellen (Optimum ca. 60—80 % der Maximalwassermenge, welche der Boden zu fassen

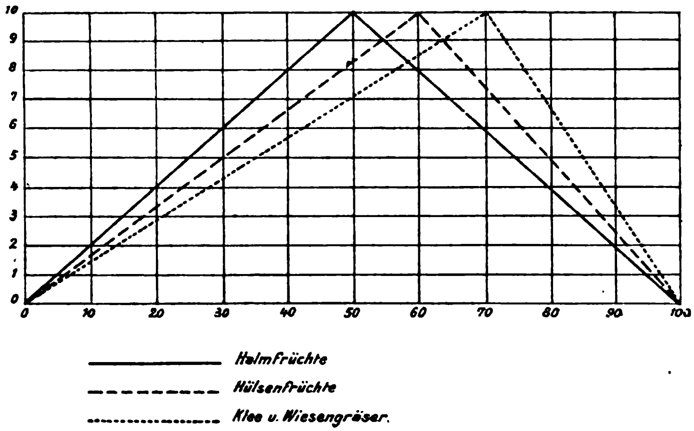


Fig. 2.

vermag). Diese Unterschiede lassen sich durch ein Diagramm veranschaulichen, wenn man auf der Abszisse die Werthe für den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens und auf den korrespondirenden Ordinaten die jeweils erzielten Erträge abträgt, wie dies z. B. in Figur 2 geschehen ist.

Der Vollständigkeit wegen sei schließlich auch der Thatsache Erwähnung geschehen, daß die Bodenfeuchtigkeit in gleicher Weise wie auf die Quantität, ebenso auf die Qualität, d. h. auf die chemische Zusammensetzung der erzielten Produkte sich von Einfluß erweist. Diese

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 21.

Beziehungen sind indessen noch wenig studirt und bilden daher einen interessanten Gegenstand für weitere Untersuchungen. Im Allgemeinen kann zunächst angenommen werden, daß mit der Bodenfeuchtigkeit der Wassergehalt der Pflanzen bis zu einer bestimmten Grenze steigt und fällt, und daß der Holzfasergehalt in der Regel in einem umgekehrten Verhältniß steht. Weiters ist bei den Kartoffeln und Rüben die Beobachtung gemacht worden, daß der Gehalt an Stärkemehl, bezw. an Zucker in den Knollen und Wurzeln, bei mäßigem Wasservorrath im Boden ein höherer ist, als bei größerem. Dagegen scheinen verschiedene Analysen der Getreidefrüchte von verschiedener Herkunft darauf hinzudeuten, daß die Früchte in feuchten Lagen stärkereicher sind, als in trockenen. Wenn in der Folge nach dieser Richtung eingehendere Beobachtungen angestellt werden, was sehr wünschenswerth wäre, so müßte auch gleichzeitig der Frage näher getreten werden, inwieweit das Optimum, welches den höchsten Ertrag gewährt, mit jenem zusammenfällt, welches das qualitätvollste Produkt bedingt.

II. Einfluß der Nährstoffe.

Für die Wirkung der Nährstoffe ist vor Allem das Gesetz maßgebend, daß das Produktionsvermögen der Pflanzen von demjenigen Nährstoff beherrscht wird, der im gegebenen Fall in der geringsten und gleichzeitig in einer zur Erzielung von Maximalerträgen unzureichenden Menge in dem Boden vorhanden ist. Nothwendigerweise folgt hieraus, daß mit steigender Zufuhr des betreffenden Nährstoffes das Ertragsvermögen der Gewächse eine Zunahme erfahren muß, bis zu der Grenze, wo das durch die übrigen Wachsthumsfaktoren bedingte, unter den lokalen Verhältnissen erreichbare Maximum der Produktion erzielt ist. Darüber hinaus wird bei noch weitergehender Nährstoffzufuhr das Erträgniß sich gleich bleiben und das gegebene Uebermaß an Nahrungsstoffen sich im Boden ansammeln müssen, insoweit es nicht etwa durch Auswaschungen aus demselben entfernt wird.

Bei Anwendung von Düngemitteln, welche nur einen Theil der Nährstoffe in löslicher, den übrigen aber in einer solchen Form enthalten, daß erst allmählich die nährenden Bestandtheile in den aufnehmbaren Zustand übergehen, wird ein Uebermaß der Düngemittel den folgenden Früchten zu Gute kommen und eine schädliche Wirkung sich

nicht geltend machen können. Dagegen wird bei Benützung von Materialien, welche die Nährstoffe größtentheils in leicht löslicher Form enthalten, wie verschiedene Beobachtungen dargethan haben, unter Umständen das Wachsthum nachtheilig beeinflußt werden können. Es würde demnach für die Düngung mit Materialen bezeichneter Beschaffenheit sich ein Minimum, Optimum und eventuell ein Maximum ihrer Wirkung ergeben.

Um in letzterer Hinsicht einige Anhaltspunkte zu gewinnen, wurden von dem Referenten mehrere Topfversuche ausgeführt, in welchen die Erde theils ungedüngt blieb, theils mit steigenden Mengen eines Düngergemisches versehen wurde, welches sämmtliche für das Leben der Pflanze nothwendige Nährstoffe zum größeren Theil oder vollständig in einer leicht löslichen Form enthielt. Dafür, daß alle Nährstoffe gleichzeitig zugeführt wurden, war der Umstand maßgebend, daß die Erde von Parzellen stammte, welche als arm bezeichnet werden konnten und, wie anderweitige Beobachtungen zeigten, auf sämmtliche wichtigere Nährstoffe reagirten.

Der Boden, welcher verwendet wurde, war theils derselbe, welcher zu den Versuchen über den Einfluß des Wassers gedient hatte (humoser Diluvialsandboden mit ca. 4 % Humus- und 2 % Kalkgehalt), theils wurden benützt: Quarzsand, fast nur aus Quarzkörnern bestehend; Lehm, Ziegellehm, kalkarm; Torf, aus einem kalkreichen Grünlandsmoor.

Das verdunstete Wasser wurde täglich durch Aufgießen ersetzt und der Feuchtigkeitsgehalt des Erdreiches in den Versuchen vom Jahre 1891 und 1892 auf **60 %**, in jenen vom Jahre 1893 auf **40 %** der vollen Sättigungskapazität erhalten[1]).

Ueber die Ergebnisse geben die folgenden Tabellen Auskunft:

---

[1]) In den Versuchen I und VII wurden die kleineren, in den Versuchen II—VI die größeren Vegetationsgefäße benutzt. (Siehe oben.)

Versuch I. (1891.)

Sommerroggen.

Düngergemisch: Fäkalguano + Superphosphat + Kainit.

Humoser Diluvialsand.

Je 5 Pflanzen.

Düngermenge gr	Zahl		Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken		
	der Aehren	der Körner	Körner	Stroh und Spreu	Summa
0	19	353	8,9	15,1	24,0
2,5	22	370	9,9	17,4	27,3
5,0	26	405	13,2	18,3	31,5
7,5	27	644	**15,0**	22,4	37,4
10,0	27	473	14,8	**24,5**	**38,5**
12,5	28	423	14,0	18,5	32,5
15,0	30	447	14,6	20,8	35,4

Versuch II. (1892.)

Sommerroggen.

Düngergemisch: Kaliumphosphat + Chlorkalium + Natriumnitrat + Calciumnitrat + Magnesiumsulfat.

a. Quarzsand.

Je 13 Pflanzen.

0	22	231	5,8	9,3	15,1
2,5	19	439	10,4	16,2	26,6
5,0	23	550	15,5	20,5	36,0
7,5	25	551	17,9	21,2	39,1
10,0	26	602	**21,7**	23,9	**45,6**
15,0	33	604	17,8	**24,7**	42,5
20,0	29	586	16,2	22,2	38,4

b. Lehm.

0	27	270	7,5	17,5	25,0
2,5	36	385	10,6	20,2	30,8
5,0	27	590	10,3	18,1	38,4
7,5	35	700	10,2	21,7	31,9
10,0	28	610	13,8	20,4	34,2
15,0	34	681	14,6	20,4	35,0
20,0	44	714	**14,9**	**28,7**	**43,6**

c. Torf.

0	20	190	5,1	9,0	14,1
2,5	16	300	5,5	13,7	19,2
5,0	24	311	6,2	10,2	16,4
7,5	24	480	7,8	14,0	21,8
10,0	22	457	7,2	14,4	21,6
15,0	27	469	7,7	14,0	21,7
20,0	27	488	**10,6**	**18,2**	**28,8**

Versuch III. (1893.)

Sommerroggen.

Düngergemisch: wie im Versuch II. (1892.)

a. Quarzsand.

Je 13 Pflanzen.

Düngermenge gr	Zahl der Aehren	Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh und Spreu	Summa
0	46	351	5,0	15,6	20,6
2,5	45	451	7,5	18,0	25,5
5,0	46	743	**13,4**	**22,0**	**35,4**
10,0	44	585	8,4	20,1	28,1
15,0	44	427	7,3	19,7	27,0
20,0	38	252	3,2	13,3	16,5

b. Lehm.

0	45	283	6,4	12,5	18,9
2,5	48	454	9,3	16,3	25,6
5,0	47	660	**16,8**	**23,0**	**39,8**
10,0	46	564	12,7	20,4	33,1
15,0	49	525	12,3	18,1	30,4
20,0	47	530	12,6	18,0	30,6

c. Torf.

0	45	374	7,0	17,1	24,1
2,5	45	581	12,1	20,7	32,8
5,0	49	647	**15,0**	**25,3**	**40,3**
10,0	47	560	14,1	21,1	35,2
15,0	48	497	11,2	19,3	30,5
20,0	43	474	9,0	17,0	26,0

Versuch IV. (1891.)

Erbse.

Düngergemisch: Fäkalguano + Superphosphat + Kainit.

Humoser Diluvialsand.

Hülsen. Je 10 Pflanzen.

0	17	45	17,3	24,6	41,9
2,5	20	53	19,4	31,3	50,7
5,0	19	50	19,0	**38,4**	**57,4**
7,5	26	62	**21,8**	34,1	55,9
10,0	27	60	19,4	30,0	49,4
12,5	25	53	19,2	27,8	47,0
15,0	27	57	19,1	28,9	48,0

Versuch V. (1892.)

Erbse.

Düngergemisch: Kaliumphosphat + Chlorkalium + Natriumnitrat + Calciumnitrat + Magnesiumsulfat.

a. Quarzsand.

Je 13 Pflanzen.

Düngermenge gr	Zahl der Hülsen	Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh und Spreu	Summa
0	10	19	6,5	25,5	32,0
2,5	15	32	**8,7**	28,2	36,9
5,0	13	24	7,7	30,6	38,3
7,5	12	24	7,2	28,3	35,5
10,0	14	25	8,0	36,0	**44,0**
15,0	13	25	5,6	**37,5**	43,1
20,0	10	15	5,0	21,5	26,5

b. Lehm.

0	19	31	10,0	32,7	42,7
2,5	20	43	14,2	39,6	53,8
5,0	19	38	16,6	35,7	52,3
7,5	26	60	**21,0**	**41,2**	**62,2**
10,0	20	44	13,8	32,2	46,0
15,0	20	37	13,0	36,3	49,3
20,0	23	36	12,7	37,7	50,4

c. Torf.

0	21	56	16,3	27,2	43,5
2,5	27	64	20,8	34,1	54,9
5,0	25	64	27,5	31,7	59,2
7,5	31	70	29,5	45,0	74,5
10,0	41	80	**33,5**	**62,0**	**95,5**
15,0	31	72	30,8	44,5	75,3
20,0	29	74	32,3	40,7	73,0

Versuch VI. (1893.)

Erbse.

Düngergemisch: wie im Versuch II. (1892.)

a. Quarzsand.

Je 9 Pflanzen.

0	14	23	9,5	19,2	28,7
2,5	16	34	12,8	21,3	34,1
5,0	16	32	13,2	21,5	34,7
10,0	19	32	**16,2**	**32,0**	**48,2**
15,0	12	30	13,5	23,0	36,5
20,0	16	32	12,8	22,0	34,8

b. Lehm.

Düngermenge gr	Zahl der Hülsen	Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh und Spreu	Summa
0	16	42	8,8	23,9	32,7
2,5	16	56	20,8	27,0	47,8
5,0	16	59	23,8	35,0	58,8
10,0	23	62	**24,6**	37,5	62,1
15,0	20	62	23,9	**41,3**	**65,2**
20,0	19	51	19,1	34,3	53,4

c. Torf.

0	9	19	6,7	22,1	28,8
2,5	22	66	23,0	38,5	61,5
5,0	23	73	28,7	**46,1**	**74,8**
10,0	23	72	**29,5**	44,0	73,5
15,0	24	74	22,8	44,1	66,9
20,0	14	41	11,9	25,4	37,3

Versuch VII. (1891.)

Sommerraps.

Düngergemisch: Fäkalguano + Superphosphat + Kainit.

Humoser Diluvialsand.

Schoten. Je 5 Pflanzen.

0	97	nicht bestimmt.	1,3	13,0	14,3
2,5	119		2,3	16,2	18,5
5,0	181		**3,4**	**19,7**	**23,1**
7,5	145		1,8	14,3	16,1
10,0	175		2,6	17,2	19,8
12,5	143		1,3	13,9	15,2
15,0	74		1,0	11,4	12,4

Um ermessen zu können, inwieweit die aus diesen Versuchen sich ergebenden Resultate auch für die im Freien kultivirten Gewächse Gültigkeit haben, wurden auf dem Versuchsfelde mittelst kastenförmiger Holzrahmen Parzellen hergestellt, welche mit zuvor sorgfältig gemischtem humosen Diluvialsand gefüllt wurden. Letzterer ruhte auf einem vollständig durchlässigen, aus Glazialschotter bestehenden Untergrunde auf. In den Versuchen VIII—XIII hatten die Parzellen eine 25 cm mächtige Bodenschicht und einen Querschnitt von 1 qm, in den Versuchen XIV und XV betrug die Tiefe der Humusschicht 50 cm und die Größe jeder Parzelle 2 qm. Der Dünger wurde einige Tage vor dem Anbau gleich-

mäßig ausgestreut und dann eingehackt. Während der Vegetationszeit wurde das Unkraut durch Jäten sorgfältig entfernt.

Die Ergebnisse sind folgenden Tabellen zu entnehmen:

Versuch VIII. (1894.)

Sommerroggen.

Düngergemisch: Superphosphat + Chlorkalium + Chilisalpeter.
Reihenentfernung: 10 cm. Saatquantum: 10 gr. Saatzeit: 17. April. Ernte: 6 August.

Düngermenge (gr):	0	50	100	150	200	250
Ernte (gr) Körner:	151,5	162,0	170,4	190,6	194,5	**196,3**
» Stroh u. Spreu:	300,0	310,5	350,2	390,0	**480,0**	455,0

Versuch IX. (1894.)

Leindotter.

Düngergemisch: wie im vorigen Versuch.
Reihenentfernung: 10 cm Saatquantum: 2 gr. Saatzeit: 20. April. Ernte: 26. Juli.

Düngermenge (gr):	0	50	100	150	200	250
Ernte (gr) Körner:	36,5	64,5	79,7	93,0	115,3	**135,7**
» Stroh u. Spreu:	112,5	239,0	330,8	395,6	493,7	**610,0**

Versuch X. (1895).

Zuckerrübe.

Düngergemisch: wie 1894. Je 4 Pflanzen. Saatzeit: 6 Mai. Ernte: 2. Oktober.

Düngermenge (gr):	0	50	100	150	200	250
Ernte (gr) Wurzeln:	1040	1400	**1610**	1270	1390	1130
» Blätter:	470	630	**720**	620	550	450

Versuch XI. (1895.)

Kartoffeln.

Düngergemisch: wie 1894. Je 4 Pflanzen. Saatzeit: 6 Mai. Ernte: 14. September.

Düngermenge (gr):	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (kg)			
	große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
0	4	16	51	71	0,51	0,55	0,46	1,52
50	12	22	35	69	0,88	0,84	0,42	2,14
100	16	18	40	**74**	**1,52**	**0,87**	**0,64**	**3,03**
150	16	19	36	71	1,36	0,83	0,37	2,56
200	12	27	25	64	1,10	1,04	0,20	2,34
250	13	25	21	59	1,13	0,92	0,16	2,21

Versuch XII. (1896.)

Sommerroggen.

Düngergemisch: wie 1894. Reihenentfernung: 10 cm. Saatquantum: 10 gr. Saatzeit: 5. Mai. Erntezeit: 17. August.

Düngermenge (gr):	0	50	100	150	200	250
Ernte (gr) Körner:	84,0	104,3	**109,1**	96,4	92,5	93,0
» Stroh u. Spreu:	203,7	222,5	**231,8**	225,5	195,0	222,6

Versuch XIII. (1896.)

Sommerraps.

Düngergemisch: wie 1894. Reihenentfernung: 10 cm. Saatquantum: 1,5 gr. Saatzeit: 5. Mai. Erntezeit: 28. August.

Düngermenge (gr):	0	50	100	150	200	250
Ernte (gr) Körner:	32,5	25,0	42,5	**53,5**	24,5	25,0
» Stroh u. Spreu:	117,0	123,8	**159,6**	155,1	145,0	131,3

Versuch XIV. (1896.)

Buschbohne.

Düngergemisch: wie 1894. Reihenentfernung: 25 cm. Pro Reihe: 20 Körner. Saatzeit: 6. Mai. Ernte: 12. September.

Düngermenge (gr):	100	200	300	400	500
Ernte (gr) Körner:	800	990	1210	**1340**	1200
» Stroh u. Spreu:	920	950	1110	**1330**	1280

Versuch XV. (1896.)

Körnermais.

Düngergemisch: wie 1894. Standraum 35 : 35 cm. 16 Pflanzen. Saatzeit: 6. Mai. Ernte: 7. Oktober.

Düngermenge gr	Zahl der Kolben			Gewicht der Ernte (gr)			Gewicht der unreifen Kolben gr
	reif	unreif	Summa	Körner	Stroh	Kolbenstroh	
100	11	3	14	250	3620	260	210
200	12	4	16	**450**	**4040**	**380**	**380**
300	9	4	13	421	3820	360	290
400	11	1	12	430	3060	320	160
500	9	2	11	232	3400	160	110

Sieht man von gewissen Abweichungen ab, welche in Folge individueller Unterschiede in der Entwickelung hervorgerufen wurden, so lassen vorstehend mitgetheilte Versuche deutlich erkennen, daß mit der Nährstoffzufuhr eine zuerst progressive, dann allmählich abnehmende Steigerung des Produktionsvermögens der Pflanzen verknüpft ist bis zu einer gewissen Grenze, über welche hinaus bei weiterer Erhöhung des Nährstoffvorrathes die Erträge eine entsprechende Einbuße erfahren, vorausgesetzt, daß die Bestandtheile der Dungmaterialien sich vollständig oder größtentheils in einem löslichen Zustande befinden.

Die Zunahme der Ernten bei steigender Zufuhr ernährender Substanzen bietet in dem Falle, wo der Boden mit ungenügenden Nährstoffmengen versehen ist, nichts Auffallendes dar. In der Regel[1]) erfolgt aber das Anwachsen der Erträge nicht proportional den Düngergaben, sondern bei gleichmäßiger Abstufung derselben zunächst in einem stärkeren, dann in einem abnehmenden Grade, derart, daß, vom praktischen Standpunkt aus betrachtet, bei einer bestimmten Stärke der Düngung eine weitere Steigerung derselben bereits nicht mehr lukrativ erscheint. Schließlich wird ein Optimum der Nährstoffwirkung, gekennzeichnet durch ein Maximum der Produktion pflanzlicher Substanz, erreicht, von welchem ab die Erträge weiterhin sinken, wenn eine weitere Zufuhr von löslichen Nährstoffen statt hat. Die Ursache dieser Erscheinung ist vornehmlich darauf zurückzuführen, daß die im Boden sich bildende, die Wurzeln umspülende Salzlösung bei höherer Konzentration die Aufnahme von Wasser durch die Wurzeln in Folge osmotischer Wirkung erschwert und der Pflanze unter Umständen sogar Wasser entzieht, derart, daß der Turgor in den Zellen sinkt und in extremen Fällen erlischt. Hierdurch wird aber eine Verlangsamung des Wachsens herbeigeführt, eventuell die Pflanze zu Grunde gerichtet.

Indem für die Konzentration der Nährstofflösung die im Boden vorhandene Wassermenge maßgebend ist, machen sich die schädigenden Wirkungen der Salze um so eher geltend, je geringer der Feuchtigkeits-

---

[1]) Die in den mitgetheilten Versuchen hervorgetretenen Ausnahmen sind darauf zurückzuführen, daß bei Topfkulturen mit einer geringen Zahl von Pflanzen deren individuelle Entwickelungsfähigkeit sich in mehr oder weniger starkem Grade geltend macht.

gehalt des Erdreiches ist. Dies ergiebt sich in drastischer Weise bei einem Vergleich zwischen den Versuchen vom Jahre 1892 mit denen vom Jahre 1893. Im letzteren wurde der Wasservorrath auf 40 %, im ersteren auf 60 % der vollen Sättigungskapazität bemessen. In Folge dessen trat im Großen und Ganzen der Nachtheil zu hoher Düngergaben im Jahre 1892 stärker hervor als 1893.

Als auffallend muß jedenfalls die Erscheinung bezeichnet werden, daß die Pflanzen noch eine Nährsalzzufuhr bis zu 2000 kg pro ha und darüber vertrugen ohne wesentlichen Schaden zu leiden, oder zu Grunde zu gehen. Es läßt sich dies nur durch die Annahme erklären, daß ein Theil der Nährstoffe vom Boden absorbirt wurde, sowie aus dem Umstande, daß die Erde in den Töpfen dauernd in einem stark feuchten Zustande erhalten wurde. Daß auch im Freien sich die Pflanzen in so hohem Grade widerstandsfähig erwiesen, beruht jedenfalls darauf, daß einerseits die Mächtigkeit der Ackerschichte eine sehr geringe war und so leicht Auswaschungen in den vollständig durchlässigen Untergrund stattfinden konnten, und daß andererseits die Witterung im Jahre 1896 eine außerordentlich niederschlagsreiche war. In trockeneren Klimaten, sowie auf Böden von geringer Wasserkapazität dürfte bei so großen, wie den angegebenen Düngungen das Wachsthum der Pflanzen in einem ungleich höheren Grade nachtheilig beeinflußt werden. (Vergl. Abschnitt VI.)

III. Einfluß der Wärme.

Bezüglich der Wirkungen der Wärme auf die Kulturgewächse wurden vom Referenten keine besonderen Versuche angestellt, weil, soweit es sich um die Gewinnung allgemeiner Gesetzmäßigkeiten handelt, die bisher von anderen Forschern ermittelten Thatsachen genügende Anhaltspunkte gewähren.

Nach *J. Sachs*[1]) kann mit Sicherheit angenommen werden, «daß jede Funktion in bestimmte Temperaturgrenzen eingeschlossen ist, innerhalb deren sie allein stattfindet, d. h. jede Funktion tritt erst dann ein, wenn die Temperatur der Pflanze oder des betreffenden Pflanzentheils einen bestimmten Grad über dem Gefrierpunkt der Säfte erreicht, und

---

[1]) *Jul. Sachs.* Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. II. 1860. S. 338. — Lehrbuch der Botanik. Leipzig. 1870. S. 611 und 613.

sie hört auf, wenn eine bestimmte höchste Temperatur eintritt, die, wie es scheint, dauernd niemals über 50 ° C. betragen darf, so daß das Pflanzenleben, d. h. der Verlauf der Vegetationsprozesse, zwischen die Grenzwerthe 0 und 50 ° C. im Allgemeinen eingeschlossen zu sein scheint; dabei ist aber zu beachten, daß gleichnamige Funktionen bei verschiedenen Pflanzen sehr verschiedene Grenzwerthe haben können und daß dasselbe für verschiedene Funktionen der Pflanze gilt». Weiters läßt sich aus den bisherigen Beobachtungen die Schlußfolgerung ableiten, «daß die Funktionen der Pflanze beschleunigt und in ihrer Intensität gefördert werden, wenn die Temperatur, von der unteren Grenze (Minimum) anfangend, steigt; daß bei Erreichung eines bestimmten höheren Temperaturgrades (Optimum) ein Maximum der Leistung der Funktion eintritt, und daß diese bei noch weiterer Steigerung der Temperatur wieder abnimmt, bis bei der oberen Temperaturgrenze (Maximum) der Stillstand eintritt».

Einige Beispiele mögen zur Erläuterung dieser Gesetzmäßigkeiten dienen.

Schon bei der ersten Entwickelung der Pflanzen, bei der Keimung, machen sich die Wirkungen der Wärme in auffälliger Weise bemerkbar. Dieser Vorgang beginnt erst bei einer gewissen unteren Temperatur (Minimum), die bei den verschiedenen Spezies verschieden ist, und nimmt mit steigender Temperatur an Intensität zu bis zu einer bestimmten Grenze (Optimum), um dann bei weiterer Erhöhung der Wärmewirkung abzunehmen und schließlich bei einer oberen Temperatur (Maximum) aufzuhören. Die betreffenden Grenzwerthe sind durch sorgfältige Untersuchungen von *F. Haberlandt*[1]), dem verdienstvollen und leider zu früh gestorbenen Forscher auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, ermittelt worden und verdienen um so eher hier angeführt zu werden, als sie mit einer Reihe praktischer Beobachtungen in einer weit besseren Uebereinstimmung stehen und deshalb den wirklichen Verhältnissen ungleich näher kommen als jene verschiedener Pflanzenphysiologen.

---

[1]) Landw. Versuchsstationen. Bd. XVII. 1874. — Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Bd. I. 1875. S. 109 und 117.

Die Versuche *F. Haberlandt's* lieferten folgende Resultate:

Keimungstemperatur.

Pflanze	Minimum	Optimum	Maximum
Weizen	3—4,5	25	30—32
Roggen	1—2	25	30
Gerste	3—4,5	20	28—30
Hafer	4—5	25	30
Mais	8—10	32—35	40—44
Mohrhirse (Sorghum) . . .	8—10	32—35	40
Reis	10—12	30—32	36—38
Französisches Raygras . .	3	28	32
Englisches Raygras	3—4	28	32
Lieschgras	3—4	26	30
Raps	2—3	?	?
Weißer Senf	1	?	?
Leindotter	1	?	?
Lein	2—3	25	30
Mohn	3—4	26	32
Tabak	13—14	28	35
Corchorus	14—15	34	40
Hanf	1—2	35	45
Gossypium herbaceum . . .	12	32	40
Kümmel	8—9	25	30
Mohrrübe	4—5	25	30
Zuckerrübe	4—5	25	28—30
Sonnenblume	8—9	28	35
Rothklee	1	30	37
Luzerne	1	30	37
Fisole	10	32	37
Cajanus bicolor	12	32	35—36
Erbse	1—2	30	35
Mungobohne	8	35	40
Linse	4—5	30	36
Wicke	1—2	30	35
Hopfenluzerne	2—3	28	32—35
Lupine	4—5	28	37—38
Ackerbohne	3—4	25	30
Ricinus	14—15	31	35—36
Melone	12—15	35	40
Gurke	12	35	40
Kürbis	12	33—34	40

Die Keimung beginnt sonach erst bei einer bestimmten niederen Temperatur, die für die verschiedenen Spezies große Unterschiede aufzuweisen hat. Im Allgemeinen liegen die Minima für unsere einheimischen Kulturpflanzen tiefer als jene für die Samen wärmerer Klimate. So lange der Boden diese Temperatur nicht erreicht hat oder öfter unter dieselbe sinkt, geht die Keimung nicht vor sich, oder sie wird verzögert. Bei niedriger Temperatur ist die Zeitdauer, binnen welcher die Keimung erfolgt, ungleich länger als bei höheren Temperaturen. Die betreffenden

Unterschiede sind sehr beträchtlich, wie z. B. aus folgenden, von *F. Haberlandt* ermittelten Daten hervorgeht:

Pflanze	Die Keimung erfolgte mit dem ersten Sichtbarwerden der Würzelchen in Tagen bei			
	4,38° C.	10,25° C.	15,75° C.	19° C.
Winterweizen	6	3	2	1,75
Mais	—	11,25	3,25	3
Englisches Raygras	10	5,5	3,75	3
Erbse	5	3	1,75	1,75
Rothklee	7,5	3	1,75	1
Raps	6	2	1	1
Mohn	10	4,75	2,5	2
Zuckerrübe	22	9	3,75	3,75

In gleicher Weise wie durch niedrige Temperaturen wird die Keimung verzögert ev. aufgehoben, sobald die Bodentemperatur das Optimum überschreitet resp. über das Maximum hinausgeht. Derartige Erscheinungen machen sich nicht selten geltend, wenn der Boden in wärmeren Perioden der direkten Insolation ausgesetzt ist, und zwar wird das Wachsthum um so eher geschädigt, je niedriger das Maximum liegt, welches das Individuum bezw. die Spezies noch zu ertragen vermag.

Die weitere Entwickelung der Pflanzen nach der Keimung vollzieht sich nach denselben Gesetzmäßigkeiten, indem sowohl die ober- wie die unterirdischen Organe sich bis zu einer gewissen Grenze um so kräftiger entfalten, je höher die Temperatur ist, während dieselben eine Abnahme im Wachsthum aufzuweisen haben, wenn die Optimaltemperatur überschritten wird. Charakteristische Belege für die Wirkungen der Wärme wurden von *J. Sachs* durch Messungen der Wurzellänge und der Plumula (Länge vom Schildchen oder dem Kotyledonenansatz bis zur Spitze der Keimknospe) geliefert. Von den Resultaten mögen besonders die folgenden hier eine Stelle finden:

Zea Mays.

Dauer	Temperatur ° C.	Länge (mm) der Wurzeln	Länge (mm) der Plumula
48 Stunden	42,50	5,9	4,6
»	38,25	25,2	9,1
»	34,00	**55,0**	**13,0**
»	33,25	39,0	11,0
»	26,25	24,5	5,6
zweimal 48 Stunden	17,12	2,5	4,6

Triticum vulgare.

Dauer	Temperatur °C.	Länge (mm) der Wurzeln	Länge (mm) der Plumula
48 Stunden	38,25	22,0	4,5
»	33,25	50,0	5,0
»	28,50	**88,3**	**9,0**
»	17,62	3,5	2,0
Phaseolus multiflorus.			
48 Stunden	42,50	7	7,5
»	38,25	22	10,2
»	34,00	28	**15,0**
»	33,25	30	10,5
»	26,25	**47**	11,0
zweimal 48 Stunden	17,12	39	7,4.

Der Entwickelung der Organe unter dem Einfluß verschiedener Wärmegrade entsprechend findet die Produktion organischer Substanz in der Pflanze statt, wie *J. Bialoblocki*[1]) bei jungen Keimpflänzchen verschiedener Getreidearten konstatirt hat, die bei konstanten Bodentemperaturen entwickelt worden waren. Im Durchschnitt wurden pro Pflanze folgende Trockensubstanzmengen (mgr) von den oberirdischen Organen produzirt:

bei	8° C.	10° C.	15° C.	20° C.	25° C.	30° C.	40° C.
Weizen	15,8	20,8	29,5	30,8	43,9	**46,9**	40,3
Roggen	23,9	22,8	32,4	**49,5**	42,4	47,0	31,2
Gerste	17,1	18,0	34,4	36,7	**42,0**	35,0	26,3.

Letztere Zahlen liefern außer für das allgemeine Gesetz der Wärmewirkung auch im Speziellen für die Thatsache den Beweis, daß die einschlägigen Grenzwerthe bei den verschiedenen Spezies mehr oder weniger große Abweichungen von einander zeigen. Der Weizen lieferte das Maximum organischer Substanz bei 30° C., die Gerste bei 25° C. und der Roggen bei 20° C. Damit werden gleichzeitig die Ansprüche dieser Getreidearten an die Wärmeverhältnisse charakterisirt, so daß aus vergleichenden Untersuchungen, wie den vorliegenden, sich mannigfache Gesichtspunkte zur Beurtheilung der Lebensbedingungen der Gewächse ergeben.

---

[1]) Landw. Versuchsstationen. Bd. XIII. 1870. S. 324.

Der Einfluß der Wärme äußert sich natürlich auch in allen späteren Vegetationsstadien in analoger Weise wie im Jugendzustande, indem die Pflanzen innerhalb bestimmter Grenzen sich um so kräftiger entwickeln und um so größere Ernten liefern, je höher die Temperatur war, während sich bei weiterer Steigerung der letzteren die Erscheinungen umkehren. Zur Illustration dieser Verhältnisse möge hier ein von *J. Bialoblocki* mit Gerste angestellter Versuch dienen, in welchem die Bodentemperatur künstlich während der Vegetationszeit auf verschiedener, aber konstanter Höhe erhalten wurde. Das Ergebniß war folgendes:

Bodentemperatur	Trockensubstanz (gr)		
	Körner	Stroh	Spreu
10 ° C.	2,71	3,36	0,52
20 ° »	**3,18**	**4,50**	**0,63**
30 ° »	2,37	2,04	0,36
40 ° »	1,46	1,53	0,24.

Schließlich ist noch anzuführen, daß die Minimaltemperaturen für die charakteristischen Prozesse in den verschiedenen Vegetationsstadien (Keimung, Schossen, Blüthen und Fruchtbildung) eine nach Maßgabe des Ganges der Entwickelung steigende Tendenz aufzuweisen haben. Welche Verschiebungen die Optimal- und Maximaltemperaturen in dieser Richtung erfahren, ist zur Zeit noch unbekannt.

IV. Einfluß des Lichtes.

Das Licht ist neben der Wärme diejenige Kraft, welche die zum Prozesse der Erzeugung von organischer Substanz nothwendige Arbeit leistet. In Folge dessen ist das Produktionsvermögen der Kulturgewächse in einem außerordentlichen Grade von der Lichtintensität unter den jeweiligen lokalen Verhältnissen abhängig. Im Dunkeln ist nicht allein die Stoffbildung in der Pflanze gehemmt, sondern die Protoplasmen erfahren auch unter solchen Umständen Veränderungen, welche in einer zunehmenden Vereinfachung der Mizellarkonstitution bestehen, so zwar, daß die Zellen hierdurch nicht allein die Wachsthumsfähigkeit verlieren können, sondern auch bisweilen ganz unfähig werden, weiterhin als lebende Theile des lebenden Pflanzenkörpers zu fungiren[1]). Von einer gewissen unteren

[1]) *C. Kraus.* Ueber einige Beziehungen des Lichts zur Form- und Stoffbildung in den Pflanzen. Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 171—208.

Grenze nimmt andererseits die Menge der in den Pflanzen produzirten Substanz mit der Intensität des Lichtes zu, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man die Gewächse während ihrer Vegetation verschiedenen Lichtwirkungen aussetzt. Diese Beziehungen des Lichtes zu dem Wachsthum der landwirthschaftlichen und forstlichen Kulturpflanzen sind durch verschiedene Untersuchungen dargethan worden, über deren Ergebnisse von dem Referenten an einer anderen Stelle referirt wurde[1]).

Die weiterhin vom Referenten angestellten diesbezüglichen Versuche wurden in einem von NO nach SW gelegenen Glashause ausgeführt, in welchem durch Anbringung von zwei Bretterwänden drei größere Abtheilungen hergestellt wurden. Die eine derselben erhielt unverändertes diffuses Licht, sowie an heiteren Tagen in den späten Nachmittagsstunden auch Sonnenlicht. In der zweiten Abtheilung wurde durch Anbringung von Seidenpapier am Glasdach, in der dritten außerdem durch Ueberkleben einiger Scheiben an den Seitenfenstern die Lichtwirkung in entsprechender Weise vermindert. Die Pflanzen, welche in diesen Versuchen benutzt wurden, wurden in Blumentöpfen (von kleinem Kaliber) bei einem Wassergehalt von 60 % der vollen Sättigungskapazität kultivirt, und zwar in der Weise, daß das verdunstete Wasser täglich ersetzt wurde.

Die Ergebnisse lassen sich aus folgenden Tabellen entnehmen:

Versuch I. (1887.)
Sommerroggen.
Je 7 Pflanzen.

Lichtintensität	Zahl		Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken		
	der Aehren	der Körner	Körner	Stroh und Spreu	Summa
Starkes Licht . . .	33	465	11,9	28,4	40,3
Mittelstarkes Licht	32	471	10,0	17,4	27,4
Schwaches Licht .	32	370	7,3	13,5	20,8

Versuch II. (1889.)
Sommerroggen.
Je 5 Pflanzen.

Starkes Licht . . .	26	365	9,39	16,70	26,09
Mittelstarkes Licht	20	297	4,62	9,30	13,92
Schwaches Licht .	18	159	3,09	6,30	9,39

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 353—361.

Versuch III. (1888.)
Erbse.
Je 5 Pflanzen.

Lichtintensität	Zahl der Hülsen	Zahl der Körner	Gewicht der Ernte (gr) lufttrocken: Körner	Stroh und Spreu	Summa
Starkes Licht . . .	31	68	29,48	35,80	65,28
Mittelstarkes Licht	24	52	21,84	31,00	52,84
Schwaches Licht .	22	43	18,63	25,80	44,43

Versuch IV. (1887).
Sommerraps.
Je 7 Pflanzen.

	Schoten				
Starkes Licht . . .	134	—	4,9	10,1	15,0
Mittelstarkes Licht	105	—	3,3	7,7	11,0
Schwaches Licht .	83	—	2,0	6,3	8,3

Versuch V. (1889.)
Sommerraps.
Je 5 Pflanzen.

Starkes Licht . . .	107	—	2,52	12,50	15,02
Mittelstarkes Licht	76	—	1,18	10,90	12,18
Schwaches Licht .	20	—	0,17	9,00	9,17

Versuch VI. (1888.)
Kartoffel.
Je 1 Pflanze.

Lichtintensität	Ernte: Zahl der Knollen	Gewicht der Knollen gr
Starkes Licht	6	131,4
Mittelstarkes Licht	2	81,9
Schwaches Licht	2	90,2

Versuch VII. (1889.)
Kartoffel.
Je 3 Pflanzen aus Stengeln gezogen.

Starkes Licht	5	58,2
Mittelstarkes Licht	3	33,5
Schwaches Licht	3	27,7

Wie man sieht, war das Produktionsvermögen der Pflanzen ein um so höheres, je stärker die Lichtwirkung war. Im Allgemeinen wird das Wachsthum der vegetativen Organe (Blätter und Stengel) in bezeichneter Richtung relativ geringer beeinflußt, als dasjenige der reproduktiven, d. h. das Verhältniß der Körner, Knollen, Wurzeln u. s. w. zu den Stengeln und Blättern ist zu Ungunsten der ersteren ein um so weiteres, je geringer die Lichtintensität war. Am deutlichsten tritt dies z. B. in Versuch V hervor, in ganz ausgesprochenem Maße aber bei den Runkelrüben, wie z. B. *H. Briem*[1]) und *A. Pagnoul*[2]) nachgewiesen haben. Ersterer fand bei Zuckerrüben, welche einerseits im Schatten von Weiden, andererseits sich in einer Lichtung entwickelt hatten, Folgendes:

	Durchschnittliches Gewicht (gr) der Wurzeln	Blätter	Verhältniß der Wurzeln zu den Blättern
im Schatten	46	114	100 : 248
im Licht	444	139	100 : 31.

In den Versuchen von *Pagnoul* wurden die Rüben an freier Luft, sowie unter transparentem und geschwärztem Glase kultivirt. Die Bedeckung der Pflanzen dauerte in Versuch I vom 9. Juni bis 18. August (1879), in Versuch II vom 26. Juni bis 2. August (1880), in Versuch III vom 2. August bis 13. September (1880). Es ergab sich hierbei Folgendes:

	An freier Luft	Unter transparentem Glase	Unter geschwärztem Glase
I. Gewicht der Wurzeln (gr)	957	850	35
» » Blätter »	494	880	140
Verhältniß der Wurzeln (= 100) z. d. Blättern .	**51,6**	**103,5**	**400**
II. Gewicht der Wurzeln (gr)	460	450	24
» » Blätter »	737	950	173
Verhältniß der Wurzeln (= 100) z. d. Blättern .	**160,2**	**211,1**	**720,8.**

---

[1]) *H. Briem.* Organ des Centralvereins für Rübenzucker-Industrie in den österr. ungar. Monarchie. Bd. XVI. 1878. S. 658.

[2]) *A. Pagnoul.* Annales agronomiques. T. VII. 1881. p. 5—12.

	An freier Luft	Unter transparentem Glase	Unter geschwärztem Glase
III. Gewicht der Wurzeln (gr)	1017	950	667
» » Blätter »	533	653	710
Verhältniß der Wurzeln (= 100) z. d. Blättern .	**52,4**	**68,8**	**106,4.**

Für die Kartoffelpflanze stellten sich dieselben Gesetzmäßigkeiten heraus, denn es wurden gefunden:

	An freier Luft	Unter transparentem Glase	Unter geschwärztem Glase
Gewicht der Knollen (gr) . .	456	540	44
Gewicht der Blätter und Wurzeln (gr)	200	387	160
Verhältniß der Knollen (= 100) z. d. Blättern u. s. w. . .	**43,9**	**71,7**	**363,6.**

In Rücksicht auf den bedeutenden Einfluß des Lichtes auf die Bildung organischer Stoffe in der Pflanze kann es nicht Wunder nehmen, daß neben der Gesammternte auch die Qualität der erzielten Produkte sich von den gebotenen Lichtmengen abhängig erweisen werde. In der That treten derartige Beziehungen in auffälliger Weise hervor. Zunächst ergiebt sich ein Unterschied in dem Wassergehalt der Gewächse, insofern dieser mit Beschränkung der Beleuchtung zunimmt. So wurde der Wassergehalt in den Versuchen des Referenten[1]) mit 35 Tage alten Pflanzen wie folgt bestimmt:

	Im Licht	Im Schatten
Mais . . .	90,99 %	93,80 %
Ackerbohne .	90,44 »	94,14 »
Erbse . . .	89,99 »	94,44 »

In den Versuchen von *H. Briem* betrug der Wassergehalt der Rüben im Licht: 84,6 %, im Schatten: 86,2 %, und *A. Pagnoul* ermittelte denselben bei Kartoffelknollen im Licht zu 75,84 %, im Schatten (unter geschwärztem Glase) zu 85,63 %.

Unter den werthbildenden organischen Stoffen werden sowohl die Kohlehydrate, als auch wahrscheinlich die Eiweißstoffe je nach der Ein-

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 361.

wirkung des Gesammt-Tageslichtes in beträchtlichem Grade betroffen. Es läßt sich dies aus verschiedenen Untersuchungen schließen, besonders aus den von *H. Briem* und *A. Pagnoul* angestellten.

Ersterer fand den Zucker- und Nichtzuckergehalt in den Rüben, wie folgt, vertheilt.

	Durchnittl. Gewicht einer Rübe (gr)	Polarisation des Saftes Zucker	Nichtzucker	Auf 100 Theile Zucker kommen Nichtzucker
im Schatten	46	**8,87**	3,83	43,1
im Licht	444	**11,14**	2,76	24,7.

Demnach waren die im Lichte gewachsenen Rüben an Zucker um 25,5 % reicher und absolut und relativ ärmer an Nichtzucker als die Wurzeln der Schattenpflanzen.

Zu ähnlichen Resultaten gelangte *A. Pagnoul* in den oben zitirten Versuchen, in welchen folgende Ergebnisse erzielt wurden:

		An freier Luft	Unter transparentem Glase	Unter geschwärztem Glase
I.	Gewicht der Rüben (gr)	957	850	35
	Zucker in Prozenten . .	**6,96**	**4,76**	**3,09**
	Salze	0,713	0,910	1,419
	Nitrate	0,213	—	1,040
II.	Gewicht der Rüben (gr)	460	450	24
	Zucker in Prozenten . .	**9,45**	**5,75**	**1,66**
	Salze	0,764	1,214	1,454
	Nitrate	0,113	0,366	1,197
III.	Gewicht der Rüben (gr)	1017	950	667
	Zucker in Prozenten . .	**10,42**	**8,54**	**4,69**
	Salze	0,560	0,713	1,420
	Nitrate	0,050	0,264	0,551

Damit werden die Ergebnisse der *Briem*'schen Versuche vollkommen bestätigt und ergiebt sich außerdem die interessante Thatsache, daß sich in der Wurzel um so größere Mengen von Nitraten ansammeln, je geringer die Lichtintensität war. Diese Salze hatten sich also nicht zersetzen können, um den zum Aufbau der stickstoffhaltigen organischen Substanzen erforderlichen Stickstoff zu liefern. Es scheint demnach, als

spiele das Licht bei der Assimilation des Stickstoffs aus der Salpetersäure eine gleiche Rolle, wie solche dasselbe bei der Assimilation des Kohlenstoffs zu übernehmen hat.

Bei den Kartoffeln vermindert sich gleichergestalt wie bei den Rüben die Bildung der stickstofffreien Stoffe mit der Lichtwirkung, während der Gehalt an Nitraten das umgekehrte Verhältniß aufweist. Nur insofern ergiebt sich ein Unterschied, als die salpetersauren Salze nicht in den Knollen, sondern nur in den Blättern vorkommen. Zur Illustration dieser Verhältnisse mögen einige Daten aus den Versuchen von *Pagnoul* hier eine Stelle finden.

	An freier Luft	Unter geschwärztem Glase
Gewicht der Knollen (gr) . . .	456	44
Trockensubstanz der Knollen . .	**24,16 %**	**14,37 %**
Nitrate in den Blättern u. Wurzeln	0,088 »	0,967 ».

Der Gehalt an Nitraten in Kraut und Wurzeln der verdunkelten Pflanzen war mithin 11 mal größer als in den an freier Luft entwickelten Pflanzen. Für die Beschränkung der Stärkebildung in den Kartoffelknollen durch Beschattung sprechen außerdem auch die Ergebnisse von Beobachtungen, welche *Briem* angestellt hat. Während die Knollen der im Licht gewachsenen Pflanzen einen Stärkemehlgehalt von 23 % (bei einem Durchschnittsgewicht von 51 gr) aufwiesen, zeigten die im Schatten (von Akazien) gezogenen Pflanzen in ihren Knollen 19 % Stärke (bei einem Durchschnittsgewicht von 24 gr).

Die hier in Kürze mitgetheilten Thatsachen werden genügen, um den Nachweis liefern zu können, daß das Ertragsvermögen der Kulturgewächse in Quantität und Qualität mit der Intensität der Beleuchtung zu- und abnimmt. Dieser Einfluß des Lichtes wird sich bei den landwirthschaftlichen Nutzpflanzen in um so höherem Grade geltend machen müssen, als diese ein starkes Lichtbedürfniß besitzen, wie schon aus der einfachen Beobachtung resultirt, daß der Schatten von Bäumen an Waldrändern, Alleen, auf Feldern und Wiesen sichtlich einen nachtheiligen Einfluß auf das Gedeihen der Kulturgewächse ausübt.

Wenn sonach von einer unteren Grenze ab die vermehrte Lichtzufuhr eine gleiche Wirkung auf das Pflanzenleben äußert, wie die Wärme und das Wasser unter denselben Bedingungen, so ist nunmehr

auch die Frage nicht zu umgehen, ob bei dem Licht, wie bei den genannten Vegetationsfaktoren, ein Optimum existirt und über dasselbe hinaus bei weiterer Steigerung der Lichtstärke Schädigungen des Pflanzenwachsthums in die Erscheinung treten. Diese Frage ist entschieden zu bejahen, zunächst insofern, als verschiedene Beobachtungen vorliegen, aus welchen hervorgeht, daß bei extremer Lichtstärke die Neubildung von Chlorophyll gehemmt oder letzteres zerstört und die Assimilationsthätigkeit in den Blättern eine Verminderung erleidet, resp. vollständig sistirt wird. Weiters ist hierher zu rechnen die Thatsache, daß die Pflanzen in den Tropen gegenüber den schädlichen Wirkungen intensiven Sonnenlichtes mit entsprechenden Schutzvorrichtungen versehen sind. Auch dürfte der Umstand, daß in südlichen Ländern zahlreiche Nähr- und Nutzpflanzen im Schatten von Bäumen gezogen werden müssen, um einen befriedigenden Ertrag zu liefern, dafür sprechen, daß eine übermäßige Lichtintensität auf solche Gewächse einen nachtheiligen Einfluß ausübt. «Schon im südlichen Theile von Oesterreich begegnet man einer gemischten Kultur, indem die Feldfrüchte zwischen Maulbeerbäumen und Rebenhecken wachsen. Ob diese Maßregel, die in Italien allgemein in Anwendung steht, auf der positiven Erfahrung beruht, daß eine theilweise Beschattung, also Schwächung der Insolation ein besseres Wachsthum und Gedeihen der dazwischen angebauten landwirthschaftlichen Nutzgewächse bewirke, das dürfte dahingestellt bleiben. Exakte Versuche hierüber sind wohl noch nicht ausgeführt worden; aber die praktischen Erfahrungen eilen in vielen Fällen der wissenschaftlichen Konstatirung von Thatsachen voraus, und das dürfte auch der Grund von der auffälligen Verschiedenheit der Kulturmethoden sein, indem bei uns und in nördlichen Gegenden einfache, in südlichen Gegenden dagegen gemischte oder kombinirte Kultur von kraut- und holzartigen Gewächsen vorkommt» [1]).

Bei Zusammenfassung der mitgetheilten Thatsachen dürfte die Schlußfolgerung gerechtfertigt erscheinen, daß bezüglich der Wirksamkeit des Lichtes gleichergestalt wie für jene des Wassers und der Wärme drei sogenannte Kardinalpunkte existiren, nämlich ein Minimum, Optimum und Maximum.

---

[1]) *F. Haberlandt.* Der allgemeine landw. Pflanzenbau. Wien. 1879. S. 299.

V. Einfluß der Elektrizität.

Obwohl über den Einfluß der Elektrizität auf das Pflanzenwachsthum bereits eine stattliche Reihe von Versuchen vorliegt[1]), so wissen wir doch noch nichts davon, ob die elektrischen Veränderungen des Bodens und der Luft die Assimilation, den Stoffwechsel, die Stoffwanderung u. s. w. zu alteriren vermögen, wenngleich vermuthet werden darf, daß durch den beständigen Wechsel der elektrischen Spannung zwischen Atmosphäre und Boden der Pflanzenkörper in Mitleidenschaft gezogen wird, wie aus dem Umstande geschlossen werden muß, daß die mit großer Oberfläche in der Luft sich ausbreitende und durch ihre Wurzeln mit dem Erdreich in Berührung stehende Pflanze mit Säften erfüllt ist, welche die Elektrizität leiten und von Strömen zersetzt werden. Daß unter solchen Verhältnissen die elektrischen Spannungen zwischen Atmosphäre und Boden sich durch die Pflanze ausgleichen werden, ist nicht zu bezweifeln, aber es folgt daraus keineswegs, daß damit gleichzeitig die Vegetationsprozesse eine Förderung erfahren. Die diesbezüglichen Versuche des Referenten[2]) haben in dieser Richtung ein durchaus negatives Resultat ergeben.

Die seitens der Physiologen zu dem Zweck angestellten Versuche, durch elektromotorische Eingriffe die Bewegungen des Protoplasmas zu modifiziren und sie als Reizmittel auf bewegliche Blätter und Blüthentheile anzuwenden, haben zwar einige beachtenswerthe Resultate geliefert, aber dieselben erscheinen noch vollständig unzureichend, um ein klares Bild des wahren Verlaufs dieser Vegetationserscheinungen unter dem Einfluß der Elektrizität zu entwerfen. Was sich als wissenschaftlicher Gewinn aus dem vorliegenden Material abstrahiren läßt, ist nach *J. Sachs*[3]) ungefähr Folgendes: «Wie bei der Wärme und dem Lichte muß auch bei den elektrischen Einwirkungen zuerst eine bestimmte, noch nicht näher bestimmte untere Grenze der wirksamen Kraft überschritten werden, bevor überhaupt irgend ein Effekt sich bemerklich macht; bei einer gewissen Energie der Einwirkung treten auch hier vorübergehende Starrezustände auf, aus welchen das Organ später wieder in seinen normalen,

---

[1]) *E. Wollny.* Ueber die Anwendung der Elektrizität bei der Pflanzenkultur. München. 1883. *Th. Ackermann.*

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XI. 1888. S. 88. — Bd. XVI. 1893. S. 243.

[3]) *J. Sachs.* Handbuch der Experimental-Physiologie der Pflanzen. Leipzig. 1865. S. 74.

beweglichen Zustand zurückkehren kann, elektromotorische Kräfte von wenig höher liegendem Werth bewirken endlich auch hier den Tod. Die bisher angewandten elektrischen Einwirkungen sind als solche dem gewohnten Lebenslauf der Pflanze fremd und es erscheint daher natürlich, daß ihr Effekt auf das Protoplasma und die beweglichen Gewebemassen mehr den Eindruck bloßer Störung als den einer Förderung der Lebensvorgänge hervorruft».

Es ergiebt sich hieraus, daß die Grenzen, welche das Minimum, Optimum und Maximum einer etwaigen Wirkung der Elektrizität auf das Wachsthum der Pflanzen von einander trennen, so eng gezogen sind, daß die Regulirung der atmosphärischen Elektrizität oder die künstliche Beeinflussung des Pflanzenwachsthums durch diese Kraft eine äußerst schwierige, wenn überhaupt erreichbare ist, weil eben der Abstand zwischen dem Punkte, wo sie nützt, und dem, wo sie schädlich wirkt, sehr klein zu sein scheint.

Von den sonstigen äußeren Einwirkungen auf die Produktion pflanzlicher Substanz kämen noch der Sauerstoffzutritt und die Luftfeuchtigkeit in Betracht. Ersterer ist insofern unentbehrlich, als alle vitalen Prozesse an die Gegenwart von Sauerstoff geknüpft sind. Für die bezüglichen Wirkungen bestehen zweifelsohne, wie für jene der übrigen Wachsthumsfaktoren die mehrfach angeführten drei Kardinalpunkte. Dasselbe gilt auch für die Luftfeuchtigkeit, wie in einer zu späterer Veröffentlichung bestimmten Abhandlung des Referenten ausführlicher dargelegt werden soll.

Faßt man schließlich die bezüglich des Einflusses der einzelnen maßgebenden Faktoren ermittelten Thatsachen zusammen, so gelangt man zu dem Schluß, daß jenen Wirkungen eine und dieselbe Gesetzmäßigkeit zu Grunde liegt, d. h., ***daß jeder Vegetationsfaktor von einer unteren Grenze (Minimum) anfangend mit steigender Intensität das Produktionsvermögen der Gewächse bis zu einem gewissen Punkt (Optimum) fördert, dasselbe aber von hier ab mit fortschreitender Intensität seiner Wirkung stetig vermindert, bis schließlich ein Stillstand eintritt und das Wachsthum vollständig sistirt wird (Maximum).*** Man erhält demnach bei graphischer Darstellung dieser Verhältnisse ganz allgemein die auf- und absteigende Kurve, wie solche oben (S. 70) für die Wirkung des Wassers konstruirt wurde.

Für die Beurtheilung der verschiedenartigen Erscheinungen im Pflanzenleben unter natürlichen Verhältnissen geben die gewonnenen Gesetzmäßigkeiten indessen noch keineswegs allseitig zutreffende Anhaltspunkte, da die bezeichneten Faktoren nicht in gleicher Richtung ihre Wirkung geltend machen, sondern in den mannigfachsten Kombinationen, theils sich gegenseitig unterstützend, theils sich gegenseitig aufhebend. Um daher zu einem Einblick in diese verwickelten Verhältnisse zu gelangen, wird es nothwendig sein, die kombinirte Wirkung der Wachsthumsfaktoren einer Prüfung zu unterziehen, wie dies im folgenden Abschnitt geschehen ist.

VI. Die kombinirte Wirkung der Wachsthumsfaktoren.

Die bezüglich der Einwirkung der verschiedenen Wachsthumsfaktoren auf das Produktionsvermögen der Nutzgewächse entwickelten Gesetzmäßigkeiten lassen erkennen, daß diese sich gegenseitig unterstützen werden, wenn sie von einer unteren Grenze ab mit steigender Tendenz bis zum Optimum ihren Einfluß geltend machen können und daß der höchste Ertrag erzielt wird, sobald für sämmtliche Faktoren diese Grenze erreicht ist. Da aber in der Natur solche Fälle zu den größten Seltenheiten gehören dürften, vielmehr die äußeren Lebensbedingungen unter den verschiedenen lokalen Verhältnissen in höchst wechselvoller Weise sich gestalten, wird füglich der Frage näher getreten werden müssen, nach welchen Gesetzen die bezüglichen Erscheinungen geregelt seien. Um einen Anhalt in dieser Richtung zu gewinnen, wurden von dem Referenten nach Maßgabe der zur Verfügung stehenden Einrichtungen einige Versuche zur Ausführung gebracht, in welchen mehrere der oben bezeichneten Wachsthumsfaktoren gleichzeitig abgeändert wurden.

a. Wasser und Nährstoffe.

Die betreffenden Versuche wurden wie die übrigen in Blumentöpfen ausgeführt, welche in einem Glashause aufgestellt waren. Ueber die Details und die Ergebnisse geben die folgenden Tabellen[1]) Aufschluß:

[1]) In den Versuchen I—VII und IX wurden die kleineren, in den Versuchen VIII und X die größeren Vegetationsgefäße benützt.

Versuch I. (1888.)
Sommerroggen.
Je 6 Pflanzen.
Körnerzahl.

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Wasserkapazität:	20	40	60	80	100
gedüngt[1]	22	189	351	285	115
ungedüngt	52	208	328	222	112
Mehrproduktion	-30	-19	23	**63**	3

Körnergewicht (gr).

gedüngt	0,42	5,71	9,92	8,44	3,48
ungedüngt	1,25	5,88	8,43	6,50	3,00
Mehrproduktion	-0,83	-0,17	1,49	**1,94**	0,48

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	2,6	12,6	23,5	23,0	7,1
ungedüngt	3,8	9,4	13,0	9,2	4,9
Mehrproduktion	-1,2	3,2	10,5	**13,8**	2,2

Versuch II. (1889.)
Sommerroggen.
Je 5 Pflanzen.
Körnerzahl.

gedüngt[2]	224	400	532	670	131
ungedüngt	196	392	477	601	98
Mehrproduktion	28	8	55	**69**	33

Körnergewicht (gr).

gedüngt	5,21	11,95	15,08	17,04	3,43
ungedüngt	4,60	11,03	13,20	15,12	2,38
Mehrproduktion	0,61	0,92	1,88	**1,92**	1,05

[1]) Je 5 gr eines Gemisches aus gleichen Theilen Fäkalguano + Superphosphat + Kanit.

[2]) Wie im Jahre 1888.

Stroh und Spreu (gr).

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Wasserkapazität:	20	40	60	80	100
gedüngt	6,9	15,2	22,8	26,1	8,2
ungedüngt	5,7	14,9	19,8	21,6	3,6
Mehrproduktion	1,2	0,3	3,0	**4,5**	4,6

Versuch III. (1890.)

Sommerroggen.

Je 5 Pflanzen.

Körnerzahl.

gedüngt[1])	101	226	311	234	0
ungedüngt	87	161	241	192	0
Mehrproduktion	14	65	**70**	42	0

Körnergewicht (gr).

gedüngt	2,6	5,9	8,0	6,4	0
ungedüngt	1,4	3,2	5,1	4,4	0
Mehrproduktion	1,2	2,7	**2,9**	2,0	0

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	4,0	11,9	20,3	18,4	0
ungedüngt	3,2	7,1	12,5	10,1	0,2
Mehrproduktion	0,8	4,8	7,8	**8,3**	-0,2

Versuch IV. (1894.)

Sommerroggen.

Je 13 Pflanzen.

Körnerzahl.

Bodenart	Quarzsand			Lehm			Torf		
Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Wasserkapazität:	20	40	60	20	40	60	20	40	60
gedüngt[2])	125	302	474	76	224	345	205	307	469
ungedüngt	133	286	346	80	226	295	196	316	501
Mehrproduktion . .	-8	16	**28**	-4	-2	**50**	**9**	-9	-32

[1]) Je 5 gr eines Düngergemisches aus gleichen Theilen Fäkalguano + Superphosphat + Kainit.

[2]) Je 6 gr eines Gemisches aus Kaliumphosphat, Natriumnitrat, Chlorkalium und Magnesiumsulfat.

Körnergewicht (gr).

Bodenart	Quarzsand			Lehm			Torf		
Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Wasserkapazität:	20	40	60	20	40	60	20	40	60
gedüngt	1,5	4,5	7,8	0,8	4,8	6,2	3,3	6,7	11,0
ungedüngt	1,8	3,0	5,7	1,2	2,6	3,4	3,1	5,9	9,6
Mehrproduktion . .	-0,3	1,5	**2,1**	-0,4	2,2	**2,8**	0,2	0,8	**1,4**

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	4,9	14,1	17,7	3,2	9,6	14,2	8,5	17,8	25,5
ungedüngt	5,7	12,2	13,2	3,0	8,0	10,0	8,8	13,0	19,9
Mehrproduktion . .	-0,8	1,9	**4,5**	0,2	1,6	**4,2**	-0,3	4,8	**5,6**

Versuch V. (1890.)

Erbse.

Je 5 Pflanzen.

Körnergewicht (gr).

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Sättigungskapazität:	20	40	60	80	100
gedüngt[1])	4,0	12,0	25,8	26,2	0
ungedüngt	4,6	11,7	18,4	20,6	0
Mehrproduktion	-0,6	0,3	**7,4**	5,6	0

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	3,5	13,7	31,5	31,2	0
ungedüngt	9,0	10,2	21,3	25,0	0
Mehrproduktion	-5,5	3,5	**11,2**	6,2	0

[1]) Düngung wie in Versuch III.

Versuch VI. (1894.)
Erbse.
Je 13 Pflanzen.
Körnergewicht (gr).

Bodenart	Quarzsand			Lehm			Torf		
Wassergehalt d. Bodens in Proz. der vollen Sättigungskapazität:	20	40	60	20	40	60	20	40	60
gedüngt[1])	5,7	13,7	20,6	0,2	5,7	9,3	0,3	5,3	9,4
ungedüngt	7,4	10,0	14,7	1,0	3,6	7,1	1,9	3,7	6,6
Mehrproduktion . .	-1,7	3,7	**5,9**	-0,8	2,1	**2,2**	-1,6	1,6	**2,8**

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	15,1	38,5	52,2	8,8	25,6	37,1	12,4	28,3	35,4
ungedüngt	16,2	26,2	40,0	10,4	19,3	35,8	13,1	19,2	23,6
Mehrproduktion . .	-1,1	**12,3**	12,2	-1,6	**6,3**	1,3	-0,7	9,1	**11,8**

Versuch VII. (1888.)
Sommerraps.
Je 6 Pflanzen.
Körnergewicht (gr).

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Sättigungskapazität:	10	20	40	60	80	100
gedüngt[2])	1,4	2,7	6,9	4,3	3,9	0,3
ungedüngt	0,8	2,5	4,6	4,2	3,3	0,2
Mehrproduktion	0,6	0,2	**2,3**	0,1	0,6	0,1

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	4,2	7,0	17,1	12,5	11,2	2,6
ungedüngt	4,4	6,9	15,4	11,4	10,6	1,9
Mehrproduktion	-0,2	0,1	**1,7**	1,1	0,6	0,7

1) Düngung wie in Versuch IV.

2) Je 2 gr eines Gemisches aus Peruguano-Superphosphat und schwefels. Kali.

Versuch VIII. (1887.)
Sommerraps.
Je 6 Pflanzen.
Körnergewicht (gr).

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Sättigungskapazität:	10	20	40	60	80	100
gedüngt[1]	1,3	3,5	7,2	11,4	8,2	2,4
ungedüngt	0,4	1,2	3,6	6,0	4,8	1,6
Mehrproduktion	0,9	2,3	3,6	**5,4**	3,4	0,8

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	4,1	8,0	14,8	21,2	13,2	5,8
ungedüngt	2,8	5,0	7,2	11,6	8,6	3,0
Mehrproduktion	1,3	3,0	7,6	**9,6**	4,6	2,8

Versuch IX. (1890.)
Sommerraps.
Je 5 Pflanzen.
Körnergewicht (gr).

gedüngt[2]	—	0,9	4,4	6,7	3,7	0,2
ungedüngt	—	0,9	2,1	3,8	1,9	0,3
Mehrproduktion	—	0,0	2,3	**2,9**	1,8	-0,1

Stroh und Spreu (gr).

gedüngt	—	5,3	12,6	24,3	18,2	0,5
ungedüngt	—	2,1	6,2	8,8	6,7	1,0
Mehrproduktion	—	3,2	6,4	**15,5**	11,5	-0,5

Versuch X. (1888.)
Kartoffel.
Je 1 Pflanze.
Knollengewicht (gr).

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Sättigungskapazität:	20	40	60	80	100
gedüngt[3]	38,8	67,5	128,5	142,6	52,0
ungedüngt	19,5	39,3	70,4	80,1	70,9
Mehrproduktion	19,3	28,2	58,1	**62,5**	-18,9

[1]) Je 5 gr eines Gemisches aus Fäkalguano, Superphosphat und Kainit.
[2]) Düngung wie in Versuch III.
[3]) Düngung wie in Versuch I.

Bei Durchsicht dieser Zahlen erkennt man deutlich, daß die Wirkung der Nährstoffzufuhr auf das Ertragsvermögen der Pflanzen wesentlich von dem Feuchtigkeitsvorrath im Boden abhängig ist, und zwar in der Weise, daß die höchste absolute Ertragssteigerung durch die Düngung bei demjenigen Feuchtigkeitsgehalt des Erdreiches hervorgerufen wird, welcher dem Optimum entspricht, während bei höheren oder niedrigeren Wassermengen der Einfluß der Bereicherung des Bodens an Nährstoffen eine entsprechende Verminderung erfährt, derart, daß bei der oberen und unteren Grenze der Bodenfeuchtigkeit die Menge der Nährstoffe sich mehr oder weniger als wirkungslos erweist. In dem Falle, wo die Dungmaterialien reich an leicht löslichen Nährstoffen sind, können dieselben sogar bei geringem Wassergehalt des Bodens das Produktionsvermögen der Nutzgewächse nachtheilig beeinflussen (Versuch I, IV—VI).

b. Licht und Nährstoffe.

In den bezüglichen Versuchen wurde die sub IV beschriebene Versuchsanordnung gewählt. Der Wassergehalt des Erdreiches wurde auf 60% der vollen Sättigungskapazität erhalten. Die übrigen Verhältnisse, sowie die Resultate der Versuche sind den folgenden Tabellen zu entnehmen[1]):

Versuch I. (1887.)
Sommerroggen.
Je 7 Pflanzen.

Ernte	Starkes Licht		Mittelstarkes Licht		Schwaches Licht	
	gedüngt	ungedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt	ungedüngt
Zahl der Aehren	36	33	28	32	30	32
» » Körner	541	465	556	471	409	370
Körnergewicht (gr) . . .	**18,4**	11,9	**13,0**	10,0	**6,9**	7,3
Stroh und Spreu (gr) . .	**40,0**	28,4	**22,0**	17,4	**15,4**	13,5

[1]) In den Versuchen II, IV und V wurden die kleineren, in den Versuchen I, III und VI die größeren Vegetationsgefäße benutzt. Zur Düngung wurden verwendet: Versuch II, IV und V je 3 gr, Versuch I, III und VI je 5 gr eines Gemisches aus Fäkalguano, Superphosphat und Kainit.

Versuch II. (1889.)

Sommerroggen.

Je 5 Pflanzen.

Ernte	Starkes Licht		Mittelstarkes Licht		Schwaches Licht	
	gedüngt	ungedüngt	gedüngt	ungedüngt	gedüngt	ungedüngt
Zahl der Aehren	26	25	20	18	18	18
» » Körner	365	307	297	238	206	159
Körnergewicht (gr) . . .	**9,39**	7,64	**4,62**	4,41	**2,42**	3,09
Stroh und Spreu (gr) . .	**16,7**	12,8	**9,3**	8,7	**6,2**	6,3

Versuch III. (1888.)

Erbse.

Je 5 Pflanzen.

Zahl der Hülsen	32	31	24	24	22	22
» » Körner	77	68	48	52	30	43
Körnergewicht (gr) . . .	**34,47**	29,48	**22,77**	21,84	**13,18**	18,63
Stroh und Spreu (gr) . .	**63,9**	35,8	**31,0**	42,5	**24,2**	25,8

Versuch IV. (1887.)

Sommerraps.

Je 7 Pflanzen.

Zahl der Schoten	222	134	199	105	111	83
» » Körner	—	—	—	—	—	—
Körnergewicht (gr) . . .	**8,0**	4,9	**4,8**	3,3	**2,5**	2,0
Stroh und Spreu (gr) . .	**17,3**	10,1	**14,5**	7,7	**8,5**	6,3

Versuch V. (1889.)

Sommerraps.

Je 5 Pflanzen.

Zahl der Schoten	171	107	112	76	29	20
» » Körner	—	—	—	—	—	—
Körnergewicht (gr) . . .	**3,75**	2,52	**1,86**	1,18	**0,34**	0,17
Stroh und Spreu (gr) . .	**15,8**	12,5	**12,5**	10,9	**12,2**	9,0

Versuch VI. (1889.)

Kartoffel.

Je 3 Triebe gepflanzt.

Zahl der Knollen	6	5	3	3	3	3
Knollengewicht (gr) . . .	**81,7**	**58,2**	**33,5**	29,0	**32,5**	27,7

Mit voller Deutlichkeit erhellt aus diesen Versuchen, daß die durch die Nährstoffzufuhr bewirkte Ertragssteigerung um so größer ist, je stärker die Belichtung der Nutzgewächse ist und umgekehrt.

c: *Wasser und Licht.*

In dieser Versuchsreihe wurden die Böden mit Wassermengen, entsprechend 20, 40 und 60 °/o der vollen Sättigungskapazität, versehen und die in je drei Kulturgefäßen gezogenen Pflanzen verschiedenen Lichtintensitäten während der ganzen Vegetationsdauer ausgesetzt (vergl. IV).

Die hierbei gewonnenen Ergebnisse sind in folgenden Tabellen zusammengestellt[1]):

Versuch I. (1887.)
Sommerroggen.
Je 7 Pflanzen.

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Sättigungskapazität:	Starkes Licht				Mittelstarkes Licht				Schwaches Licht			
	Aehrenzahl	Körnerzahl	Körnergewicht gr	Stroh und Spreu gr	Aehrenzahl	Körnerzahl	Körnergewicht gr	Stroh und Spreu gr	Aehrenzahl	Körnerzahl	Körnergewicht gr	Stroh und Spreu gr
20	29	139	**4,1**	6,9	33	108	**3,3**	6,2	33	106	**2,2**	6,6
40	31	300	**8,1**	23,9	33	286	**6,6**	15,2	33	267	**5,9**	12,6
60	33	465	**11,9**	28,4	32	471	**10,0**	17,4	32	370	**7,3**	13,5

Versuch II. (1889.)
Sommerroggen.
Je 5 Pflanzen.

20	19	140	**3,46**	6,1	17	130	**2,99**	4,2	17	86	**1,64**	3,1
40	21	262	**7,11**	8,5	18	205	**3,40**	7,2	16	132	**2,61**	5,6
60	25	307	**7,64**	12,8	18	238	**4,41**	8,7	18	159	**3,09**	6,3

Versuch III. (1888.)
Erbse.
Je 5 Pflanzen.

	Hülsenzahl				Hülsenzahl				Hülsenzahl			
20	9	17	**6,41**	9,6	8	13	**5,21**	6,8	8	13	**4,13**	5,4
40	19	45	**19,30**	23,4	18	33	**15,01**	17,7	13	22	**9,94**	12,3
60	31	68	**29,48**	35,8	24	52	**21,84**	31,0	22	43	**18,63**	25,8

[1]) In den Versuchen II, IV und V wurden die kleineren, in den Versuchen I, III, VI und VII die größeren Vegetationsgefäße verwendet.

Versuch IV. (1887.)

Sommerraps.

Je 7 Pflanzen.

Wassergehalt des Bodens in Proz. der vollen Sättigungs-kapazität	Starkes Licht				Mittelstarkes Licht				Schwaches Licht			
	Schoten	Körnerzahl	Körner-gewicht gr	Stroh und Spreu gr	Schoten	Körnerzahl	Körner-gewicht gr	Stroh und Spreu gr	Schoten	Körnerzahl	Körner-gewicht gr	Stroh und Spreu gr
20	81	—	**2,1**	4,6	63	—	**1,1**	4,2	39	—	**0,4**	1,6
40	94	—	**3,6**	7,2	75	—	**2,0**	5,6	57	—	**1,6**	3,2
60	134	—	**4,9**	10,1	105	—	**3,3**	7,7	83	—	**2,0**	6,3

Versuch V. (1889.)

Sommerraps.

Je 5 Pflanzen.

20	29	—	**1,07**	2,0	0	—	0	1,8	0	—	0	1,3
40	101	—	**2,04**	7,7	40	—	**0,74**	6,4	23	—	**0,22**	4,8
60	107	—	**2,52**	12,5	76	—	**1,18**	10,9	20	—	**0,17**	9,0

Versuch VI. (1888.)

Kartoffel.

Je 1 Pflanze.

Wassergehalt des Bodens in Proz. d. vollen Sättigungs-kapazität:	Starkes Licht		Mittelstarkes Licht		Schwaches Licht	
	Knollen-zahl	Knollen-gewicht gr	Knollen-zahl	Knollen-gewicht gr	Knollen-zahl	Knollen-gewicht gr
20	3	**34,2**	1	**27,8**	2	**12,2**
40	4	**110,0**	4	**59,3**	3	**62,6**
60	6	**131,4**	2	**81,9**	2	**90,2**

Versuch VII. (1889.)

Kartoffel.

Je 3 Triebe gepflanzt.

20	3	**14,0**	3	**13,0**	3	**14,0**
40	3	**31,5**	3	**29,0**	3	**27,7**
60	5	**58,2**	3	**33,5**	8	**32,5**

Vorstehende Zahlen vermitteln die Thatsache, daß der Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen sich um so günstiger gestaltet, je stärker die Lichtintensität ist, und daß derjenige Wasservorrath, welcher das Maximum des Ertrages gewährleistet, nur bei

ungehinderter Belichtung der Pflanzen zur vollkommenen Wirkung gelangt.

Angesichts dieser Ergebnisse, sowie in dem Betracht, daß auch bei Kombinationen zwischen den übrigen, nicht in den Bereich dieser Untersuchungen gezogenen Vegetationsfaktoren zweifelsohne dieselben Erscheinungen sich geltend machen, wird ganz allgemein der Schluß gezogen werden dürfen, daß die äußeren Lebensbedingungen der Pflanzen bezüglich ihres Einflusses auf das Ertragsvermögen der Pflanzen in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältniß zu einander stehen, derart, daß die für die isolirten Faktoren in die Erscheinung tretenden Gesetzmäßigkeiten auch für deren Gesammtwirkung Giltigkeit haben, d. h. **daß das Erträgniß der Nutzgewächse in Quantität und Qualität von demjenigen Wachsthumsfaktor beherrscht wird, der in geringster und unzureichender oder dem Maximum nahe gelegener Intensität unter den gerade vorliegenden Verhältnissen zur Wirkung gelangt.**

Dieses Gesetz kann wohl mit Fug und Recht als das **Grundgesetz der Pflanzenproduktion** bezeichnet werden, weil, abgesehen von den sonst in Betracht kommenden wirthschaftlichen Gesichtspunkten, die bei der Kultur der Nutzgewächse jeweils zu ergreifenden praktischen Maßnahmen nur unter Berücksichtigung der geschilderten Beziehungen des Pflanzenwachsthums zu den äußeren Lebensbedingungen mit dem gewünschten Erfolg verknüpft sein werden. Indem letztere in den verschiedenen Gegenden und Wirthschaften in sehr wechselvoller Weise ihren Einfluß äußern, ergiebt sich weiters, daß die Kulturarbeiten den lokalen Verhältnissen anzupassen und nicht nach einfachen Rezepten einzurichten sind, welche der empirischen Erfahrung ohne Berücksichtigung der Ursachen der zu Grunde liegenden Erscheinung entlehnt sind. Welcher Art die Maßnahmen sein müssen und den Umfang, in welchem diese zur Anwendung zu kommen haben, um die auf einer begrenzten Fläche wachsenden Kulturpflanzen theils in möglichst größter Massenhaftigkeit, theils von einer Güte der Substanz entwickeln zu können, die dem Zwecke und den Kosten ihres Anbaues entspricht, hat die Natur selbst vorgezeichnet. Offenbar fällt der rationellen Pflanzenkultur zunächst die Aufgabe zu, die im Minimum oder Maximum vorhandenen Wachsthumsfaktoren durch entsprechende Maßnahmen auf

das Normalmaß (Optimum) zu bringen, soweit der hierdurch bedingte Aufwand sich durch die dabei erzielten Mehrerträge bezahlt macht.

Daß bisher vornehmlich in der Praxis das Bestreben darauf gerichtet war, die Nährstoffmenge in der Ackererde zu reguliren, kann nicht Wunder nehmen, wenn man berücksichtigt, daß diese am leichtesten sich in einer den Anforderungen der Gewächse entsprechenden Weise abändern läßt. Ein vollständiges Verkennen der thatsächlichen Verhältnisse könnte aber der Anschauung das Wort reden, daß vornehmlich nur auf diesem Wege das Pflanzenwachsthum künstlich beeinflußt werden könne, vielmehr wird man bei fortschreitendem Eindringen wissenschaftlicher Kenntnisse in die praktischen Kreise zu der Ueberzeugung gelangen müssen, daß auch die übrigen Wachsthumsfaktoren regulirbar sind, vor Allem das Wasser, dessen Menge nicht allein von der atmosphärischen Zufuhr, sondern auch von den Maßnahmen wesentlich abhängig ist, welche bei der mechanischen Bearbeitung und sonstigen Meliorationen des Bodens in Anwendung gebracht werden. Wie gezeigt, hat das Wasser die Bedeutung, daß nur bei einem gewissen mittleren Vorrath desselben die dem Boden in größeren Mengen zugeführten Nährstoffe zur vollen Wirkung gelangen, während bei niedrigerem und höherem Feuchtigkeitsgehalt der Ackererde der Einfluß der Düngemittel in entsprechender Weise vermindert ist. Es wird daher bei einem trockenen Boden darauf ankommen, die Wasservorräthe in demselben zu vermehren, in dem nassen Erdreich dieselben zu vermindern, jedoch so, daß im Allgemeinen die Bodenfeuchtigkeit auf das Normalmaß gebracht wird. Zu diesem Zweck erscheinen zahlreiche Maßnahmen geeignet, durch welche entweder Wasser zugeführt, die Wasserkapazität des Bodens erhöht, die Verdunstung aus demselben beschränkt, oder das Kulturland in einer der physikalischen Beschaffenheit desselben entsprechenden Weise entwässert, die Wasserkapazität des Ackerlandes herabgesetzt, die Verdunstung erhöht wird u. s. w. Da die nähere Darlegung der betreffenden Operationen außerhalb des Gegenstandes dieser Darlegung liegt, so mögen diese wenigen Andeutungen genügen[1]).

[1]) Hinsichtlich der Details sind die in den früheren Jahrgängen dieser Zeitschrift veröffentlichten zahlreichen Untersuchungen über die Bodenfeuchtigkeit zu vergleichen.

Wenn die übrigen Wachsthumsfaktoren, besonders das Licht, die Wärme und die Luftfeuchtigkeit, nur in seltenen Fällen und nur unter ganz besonderen Umständen eine Abänderung erfahren können und meistentheils nicht regulirbar sind, so wird dennoch hieraus nicht etwa die Schlußfolgerung abgeleitet werden dürfen, daß jene hauptsächlich durch das Klima bedingten Lebensbedingungen bei der Kultur der Nutzpflanzen außer Acht gelassen werden können. Im Gegentheil wird es als eine Naturnothwendigkeit betrachtet werden müssen, die Kultur der Gewächse den örtlichen unabänderlichen Wachsthumsfaktoren anzupassen, um eine allen Anforderungen entsprechende Pflanzendecke herzustellen. Dies kann geschehen in der Weise, daß man die Auswahl der Pflanzen in Rücksicht auf die klimatischen Verhältnisse vornimmt und den Anbau derselben so ausführt, daß Licht und Wärme in der vollkommensten Weise zur Ausnutzung gelangen[1]). Weiters wird man nicht umhin können, die anderweitigen Operationen im praktischen Betriebe nach Maßgabe der Wirkung der unabänderlichen Vegetationsbedingungen einzurichten, z. B. die Düngung. In einem Klima, welches an sich das Wachsthum der Pflanzen begünstigt, wird man eine reichlichere Nährstoffzufuhr und theuerere Dungmaterialien zur Befriedigung des Nährstoffbedürfnisses wählen können und eine ungleich höhere Rente damit erzielen als unter Verhältnissen, wo die meteorologischen Elemente derart sind, daß ein höherer Ertrag überhaupt nicht erzielt werden kann. In diesem Falle wird man sich mit einer weniger starken Düngung begnügen und billigere Düngerbeischaffungsarten wählen müssen, wenn der Mehrertrag in einem richtigen Verhältniß zu dem Aufwand stehen soll.

Ueberhaupt wird man, neben den durch die örtlichen Verhältnisse gegebenen Lebensbedingungen der Gewächse, die Rentabilität derjenigen Operationen, welche eine Abänderung der Vegetationsfaktoren ermöglichen, nicht außer Acht lassen dürfen. Man wird nicht fehlgehen, wenn man die Behauptung aufstellt, daß unter sonst gleichen Verhältnissen die Maßnahmen, welche eine künstliche Beeinflussung der natürlichen Lebensbedingungen der Pflanzen bezwecken, in um so größerem Umfange bei der Kultur angewendet werden können, je günstiger die sonstigen

---

[1]) Deutsche landw. Presse. 1891. Nr. 26 und 27.

Vegetationsverhältnisse, je besser das Absatzgebiet für die Pflanzenprodukte und je werthvoller diese sind. In Bezug auf den letzteren Punkt unterscheiden sich die drei Gewerbe, welche sich mit der Erzeugung von Pflanzenprodukten beschäftigen, nämlich die Forstwirthschaft, die Landwirthschaft und der Gartenbau, nicht unwesentlich von einander.

In der Forstwirthschaft wird man sich meist darauf beschränken müssen, die Kulturen den natürlichen Vegetationsbedingungen anzupassen und das Wachsthum der Bäume durch Beseitigung einiger Hindernisse, welche sich demselben entgegenstellen, zu unterstützen. Eine weitergehende, künstliche Beeinflussung der Wachsthumsfaktoren, so z. B. durch Bearbeitung und Düngung des Bodens u. s. w., ist in diesem Gewerbe vollständig ausgeschlossen, weil der hierdurch bedingte Kostenaufwand in Rücksicht auf den relativ niedrigen Werth des Holzes und den geringen, durch derartige Operationen bedingten Mehrertrag sich nicht rentabel erweisen würde.

Die Landwirthschaft hat zwar auch bei der Kultur ihrer Nutzpflanzen die lokalen Vegetationsverhältnisse, vornehmlich die natürliche Beschaffenheit des Bodens und das Klima zu berücksichtigen, aber sie kann sich wegen des vergleichsweise höheren Preises ihrer Produkte und des gesicherten Absatzes derselben von Kapitalsaufwendungen für künstliche Abänderung der gegebenen Vegetationsfaktoren von vornherein auf einen mehr oder weniger hohen Gewinn Rechnung machen, und dies um so mehr, je besser die wirthschaftlichen Verhältnisse entwickelt sind. Die durch Bearbeitung und Düngung, sowie Reinhaltung des Bodens, für sorgfältige Auswahl des Saatgutes und sachgemäße Pflege der Pflanzen u. s. w. erzielten Mehrerträge machen die aufgewendeten Kosten, unter der Voraussetzung rationeller Ausführung der bezüglichen praktischen Operationen, in höherem oder geringerem Grade bezahlt und sichern dadurch die Rentabilität derartiger Kapitalsverwendungen.

Bei den sehr werthvolle Produkte liefernden und einer mehr gartenmäßigen Behandlung unterliegenden Nutzgewächsen (wie z. B. bei dem Hopfen, den Obstbäumen, dem Wein) wird es sogar vortheilhaft sein können, die klimatischen Faktoren innerhalb gewisser Grenzen abzuändern, wie z. B. durch Umgestaltung des Terrains behufs einer besseren Ausnützung der Sonnenwärme.

In dem Gartenbau endlich sind am ehesten die Bedingungen zu einer künstlichen Umgestaltung der natürlichen Wachsthumsfaktoren gegeben. Bei der Kultur im Freien sind letztere zwar noch mehr oder weniger maßgebend für verschiedene Operationen, immerhin wird aber auch unter solchen Verhältnissen bezüglich der Vorbereitung des Bodens und der Pflege der Pflanzen ein weit größerer Aufwand als in der Landwirthschaft gemacht werden können, weil die Produkte einen gegenüber denjenigen des Feldbaues größeren Werth besitzen. Die Kultur derjenigen Gewächse, welche im Gewächshause gezogen werden und unter allen Erzeugnissen den höchsten Preis erzielen lassen, giebt sogar die Möglichkeit, fast alle oder sämmtliche Wachsthumsfaktoren künstlich abzuändern.

Es würde zu weit führen, wenn an dieser Stelle über die in der Praxis zu treffenden Einrichtungen ins Detail eingegangen werden wollte, zumal sich in dieser Richtung nach den obigen Darlegungen immerhin nur allgemeine Anhaltspunkte geben ließen und der Praktiker unter bestimmten lokalen Verhältnissen die Normen für die zu ergreifenden Kulturarbeiten sich selbst zu konstruiren hat. Der Weg, der hierbei einzuschlagen ist, ist durch das hier entwickelte Grundgesetz der Pflanzenproduktion vorgezeichnet, welches demjenigen, der es versteht, in die Wahrheiten desselben tiefer einzudringen und seinen Betrieb mit Nachdenken zu leiten, stets als ein treuer Berather zur Seite stehen und bei Anwendung desselben in der Praxis die möglich größten Erfolge erzielen lassen wird.

Neue Litteratur.

W. Pfeffer. **Einleitende Betrachtungen zu einer Physiologie des Stoffwechsels und Kraftwechsels in der Pflanze.** Naturwissenschaftliche Rundschau. XII. Jahrg. 1897. Nr. 14—16.

F. Oltmanns. **Ueber positiven und negativen Heliotropismus.** Flora. 1897. Bd. LXXXIII. Heft 1.

A. Nestler. **Untersuchungen über die Ausscheidung von Wassertropfen an den Blättern.** Sitzungsber. d. k. Akd. d. Wissensch. in Wien. Bd. CV. 1896.

S. H. Vines. **The suction force of transpiring branches.** Annals of Botany. Vol. X. 1896. p. 429.

H. Dixon. **On the osmotic pressure in the cells of leaves.** Proceedings. 3rd. Ser. Vol. IV. Nr. 1. 1897.

L. Maquenne. **Ueber den osmotischen Druck in gekeimten Samen.** Comptes rendus. T. CXXIII. 1896. p. 898.

W. Pfeffer. **Ueber die Steigerung der Athmung und Wärmeproduktion nach Verletzung lebenskräftiger Pflanzen.** Ber. d. math.-physik. Kl. d. K. Sächs. Ges. d. Wissensch. zu Leipzig. 1896. 27. Juli.

R. Kolkwitz. **Beiträge zur Mechanik des Windens.** Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. XIII. S. 495.

D. T. Mac Dougal. **Ueber die Mechanik der Windungs- und Krümmungsbewegungen der Ranken.** Berichte d. deutschen bot. Ges. Jahrg. XIV. 1896. Heft 4. S. 151—154.

D. T. Mac Dougal. **The mechanism of curvature of tendrils.** Annals of Botany. Vol. X. 1896. p. 373—402.

L. Kny. **Ueber den Einfluß von Zug und Druck auf die Richtung der Scheidewände in sich theilenden Pflanzenzellen.** Ber. d. deutschen bot. Ges. Jahrg. XIV. 1896. Heft 6. S. 378—391.

III. Agrar-Meteorologie.

Mittheilungen aus dem agrikultur-physikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

XCIX. Untersuchungen über das Verhalten der atmosphärischen Niederschläge zur Pflanze und zum Boden.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

9. Der direkte Einfluß der atmosphärischen Niederschläge auf die Pflanze.

Hinsichtlich der direkten Wirkungen der meteorischen Wässer auf die Pflanze würde wohl zunächst die Frage zu entscheiden sein, ob die Blätter der Landpflanzen bei der Benetzung Wasser aufzunehmen im Stande seien[1]). In dieser Beziehung kann zunächst als sicher angenommen werden, daß die Blätter, wenn sie mit Wasser strotzend gefüllt sind, von Außen her kein Wasser aufnehmen, daß aber im welken Zustande derselben unter Umständen, je nach der Beschaffenheit der Cuticula resp. der Spaltöffnungen, kleine Wassermengen in das Gewebe eindringen können. Allein die auf diesem Wege in den Pflanzenkörper eintretenden Quantitäten von Wasser sind nicht erheblich und bei Weitem nicht ausreichend, daß dadurch die Thätigkeit der Wurzeln und der Transpiration unterstützt würde. Aus solchen Thatsachen wird gefolgert werden müssen, daß die Pflanze aus dem den Blättern anhaftenden Wasser nur geringen Nutzen zieht und in Bezug auf Deckung ihres diesbezüglichen Bedarfs fast ausschließlich auf die Bodenfeuchtigkeit angewiesen ist[2]).

[1]) *J. Sachs.* Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. 1882. S. 305.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 285.

Im Uebrigen hat die Benetzung der Blätter seitens der verschiedenen Niederschläge (Thau, Nebel, Regen u. s. w.) die Bedeutung, daß die Wasserabgabe aus diesen Organen, so lange sie mit einer Flüssigkeitsschicht überzogen sind, zwar vermindert ist, aber weiterhin eine Steigerung erfährt, wie aus der Thatsache entnommen werden kann, daß benetzte grüne Pflanzentheile, wenn sie gleich einen höheren Wassergehalt besitzen als andere bei trockener Witterung abgeschnittene, dennoch rascher austrocknen als letztere[1]). «Die verstärkte Transpiration und beschleunigte Wasserbewegung bei benetzten Blättern kommt wahrscheinlich in der Weise zu Stande, daß die Wände der mit Wasser in Berührung kommenden Zellen (Oberhaut- und Schwammparenchymzellen) quellen und durch den Druck des Zellinhaltes gedehnt werden. Durch beide Prozesse werden die Wandmizelle auseinandergedrängt und die Wasserbewegung erleichtert durch Erweiterung der Strömungsbahnen. Es ist aber nicht zu bezweifeln, daß auch die Spaltöffnungen bei dem rascheren Welken benetzt gewesener Blätter betheiligt sein können, wenn sich etwa im Verlaufe des Verweilens unter Wasser ein Zustand einstellt, in dem die Stomata durch weite Oeffnung die Verdunstung befördern.» *(J. Wiesner.)*

Bei Blättern, welche äußerlich ganz trocken sind, befindet sich auch die Oberhaut in einem Zustande, in welchem sie der von Innen her stattfindenden Transpiration einen höheren Widerstand entgegensetzen wird. Die auf molekular-kapillarem Wege nach Außen stattfindende Wasserleitung ist bei solchen Blättern gewissermaßen unterbrochen, und diese verhalten sich ähnlich wie ein Boden, der oberflächlich abgetrocknet ist und bei einer derartigen Beschaffenheit weniger Wasser durch Verdunstung verliert als derselbe Boden, wenn er bis zur Oberfläche durchfeuchtet ist[2]).

Aus dem geschilderten Verhalten benetzter Blätter könnte leicht die Schlußfolgerung abgeleitet werden, daß die die Pflanzentheile überziehende Wasserschicht besonders in dem Falle, wo der Boden mit ge-

---

[1]) Vergl. *F. Haberlandt.* Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Bd. II. Wien. 1877. S. 130. — *J. Böhm.* Diese Zeitschrift. Bd. I. 1879. S. 459. — *J. Wiesner.* Ebenda. Bd. VI. 1883. S. 159 und Bd. VII. 1884. S. 177.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 325 und Bd. VII. 1884. S. 43 und 52.

ringeren Wassermengen versehen ist, ungünstig auf die Pflanzen durch Förderung der Transpiration einwirke. Indessen ist hierbei zu berücksichtigen, daß die Wirkung der Benetzung in der bezeichneten Weise erst dann hervortritt, wenn die auf den Blättern und Sproßachsen abgelagerte Wasserschicht verschwunden ist, daß sie aber nicht in die Erscheinung tritt, so lange die Organe mit Wasser überzogen sind. In letzterem Falle dürfte vielmehr den Pflanzen dadurch ein Vortheil erwachsen, daß durch die Wasserschicht die Transpiration aus den oberirdischen Organen verhindert ist und während dieser Zeit der Wasservorrath im Boden nicht in Anspruch genommen wird. Hierdurch dürfte der Nachtheil einer späterhin eine Zeit lang gesteigerten Verdunstung wahrscheinlich beseitigt werden.

Was die Erscheinung anlangt, daß Blätter und Sproßachsen, welche bei trockener Beschaffenheit des Erdreiches welk geworden sind, in Folge der Benetzung durch Niederschläge wieder frisch werden, so ist dies nicht etwa auf eine direkte Aufnahme von Wasser, sondern darauf zurückzuführen, daß die Pflanzen, so lange die Transpiration gehindert ist, Zeit gewinnen, um so viel Wasser aus dem Boden aufzunehmen, als erforderlich ist, um die Turgeszenz der Organe herzustellen.

Unter den direkten Einwirkungen der Niederschläge auf die Pflanzen bieten in Rücksicht auf die Bodenkultur besonders jene ein Interesse, welche mit einer Beschädigung der oberirdischen Organe verknüpft sind und in dem Folgenden hauptsächlich in das Auge gefaßt werden sollen.

Der Regen

soll, wie vielfach behauptet worden ist, starke mechanische Verletzungen an den Pflanzen hervorrufen, wenn derselbe, wie z. B. in den Tropen, in großen Tropfen niederfällt. Indessen konnte *J. Wiesner*[1]), welcher während eines mehrmonatlichen Aufenthaltes in Buitenzorg (Java) diesem Gegenstande seine besondere Aufmerksamkeit zuwendete, niemals derartige Wirkungen konstatiren. Auch bei dem stärksten Regen ließ sich weder ein Zerschmettern aufrecht wachsender krautiger Pflanzen, noch

[1]) *J. Wiesner.* Beiträge zur Kenntniß des tropischen Regens. Sitzungsberichte d. kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse. Bd. CIV. Abthlg. I. Dezember 1895.

ein Zerspalten und Abreißen der Blätter u. s. w. durch den tropischen Regen beobachten.

Dafür, daß der Regen keine direkt schädigende Wirkung auf die Pflanzen ausübt, spricht der Umstand, daß die lebendige Kraft, mit welcher die Tropfen die oberirdischen Organe treffen, nur eine sehr geringe ist, wie sich aus folgender Betrachtung ergiebt[1]).

Wenn ein Körper in der Luft fällt, beschleunigt sich seine Geschwindigkeit bis zu einer gewissen Grenze, welche abhängig ist von seinem Gewichte, seinem Volumen und der Dichtigkeit der Luft. Die Geschwindigkeits-Beschleunigung hört auf und die Bewegung wird eine gleichförmige, sobald der Luftwiderstand gleich wird dem Gewichte des fallenden Körpers. Die bekannten Gesetze des Luftwiderstandes gestatten daher, die Fallgeschwindigkeit von Regentropfen zu berechnen, wenn man dieselben als kugelförmige Körper annimmt. So findet man, daß in einer Luft von 15° und 750 mm Druck die Regentropfen mit einer Geschwindigkeit zur Erde gelangen, welche durch folgende Formel gegeben ist, in welcher v die Geschwindigkeit in m per Sekunde und a den Durchmesser der Kugeln von der Dichtigkeit = 1 bezeichnet:

$$v = \sqrt{32{,}7\,a}.$$

Die lebendige Kraft der (bei Windstille) zur Erde fallenden Regentropfen, ausgedrückt in Kilogrammmetern, wird berechnet nach der Formel:

$$\frac{p\,v^2}{2\,g},$$

wenn p das Gewicht der Tropfen in kg, v die Endgeschwindigkeit und g die Acceleration der Schwere = 9,808 m bezeichnet.

Hiernach läßt sich folgende Tabelle aufstellen:

Durchmesser der Tropfen mm	Gewicht der Tropfen mgr	Fallgeschwindigkeit m per Sek.	Lebendige Kraft beim Aufschlagen der Tropfen kgm
0,5	0,0065	3,98	0,00000000525
1	0,525	5,72	0,00000875
2	4,19	8,10	0,0000140
3	14,14	9,91	0,0000708
4	33,50	11,45	0,0002239
6	113,00	14,00	0,001134
8	286,00	16,20	0,003826

[1]) La Nature. Nr. 978. — Das Wetter. 1892. Heft 5. S. 114—116.

Nach den einschlägigen Untersuchungen von *J. Wiesner* (a. a. O.) sollen die Regentropfen von verschiedener Größe (bis zu 250 mgr Gewicht) mit angenähert gleicher Geschwindigkeit von etwas mehr als 7 m in der Sekunde niederfallen und die schwersten, in den Tropen beobachteten Tropfen ein Gewicht von 160 mgr besitzen. Unter solchen Verhältnissen kämen letztere mit einer lebendigen Kraft von 0,0004 kgm zur Erde. Die gewöhnlich bei heftigem Regen niederfallenden Tropfen von 60—80 mgr Gewicht würden mit einer lebendigen Kraft von 0,00015 resp. 0,0002 kgm aufschlagen.

«Man sieht aus diesen Zahlen, wie gering die Kraft ist, mit welcher selbst die schwersten Regentropfen niederfallen. Es ist ein schwacher Stoß, den das Blatt durch den einzeln niederfallenden Regentropfen erfährt, welcher Stoß durch die elastische Befestigung am Stamme noch weiter verringert wird. Mehr als Zittern des Laubes und der Zweige ist als direkte mechanische Wirkung des stärksten Tropenregens nicht wahrnehmbar.

Was über das Zerschmettern aufrecht wachsender krautiger Pflanzen, über das Zerspalten und Abreißen von Blättern durch den tropischen Regen u. s. w. behauptet wurde, ist durchaus unrichtig. Daß beispielsweise die zarten Keimblätter der Tabakpflanze, welche mit den harten Bodenbestandtheilen in Berührung sind, durch starken Regen kleine Verletzungen erfahren können, steht mit den nunmehr geklärten Thatsachen über die Kraft des niederfallenden Regens ganz im Einklange. Allein alle gröberen Verletzungen von Pflanzen und Pflanzentheilen auf die direkte Wirkung des Regens zu stellen, ist nicht mehr erlaubt.» (*J. Wiesner.*)

Bezüglich der übrigen dem Regen zugeschriebenen Wirkungen mögen noch folgende Bemerkungen hier eine Stelle finden.

Gegenüber der Ansicht, daß heftige, großtropfige Regen an sich ein Lagern der Pflanzen herbeizuführen vermögen, ist die Thatsache geltend zu machen, daß frei stehende und unter normalen Witterungs- und Bodenverhältnissen entwickelte Individuen durch ihre Steifheit den auf sie einwirkenden Kräften in den meisten Fällen Widerstand leisten und sich nicht umlegen, und daß bei gleicher Stärke der Niederschläge und auf eng begrenzten Flächen die Pflanzen theils ihren aufrechten Stand bewahren, theils dem Lagern unterliegen. Offenbar wird hieraus

die Schlußfolgerung abgeleitet werden dürfen, daß die Gewächse eine bestimmte Beschaffenheit besitzen müssen, welche sie zum Lagern geeignet macht. Ohne Regen, dessen Wirkungen jedenfalls durch den Wind entsprechend der Geschwindigkeit desselben verstärkt werden, würden zwar die wenigsten Felder zum Lagern kommen, aber letzteres tritt nur dann in die Erscheinung, wenn die Pflanzen hierzu disponirt, d. h. in Folge gewisser Vegetationsbedingungen (Beschattung, gedrängter Stand, üppiges Wachsthum u. s. w.) mit einer geringen Biegungsfestigkeit in den unteren Internodien ihrer Halme resp. Stengel ausgestattet sind[1]). Demgemäß wird auch in dem in Rede stehenden Falle ein direkt schädigender Einfluß des Regens auf die Pflanzen nicht angenommen werden können.

Ob bei Regenwetter, welches in der Blüthezeit eintritt, die Befruchtung gehemmt und der Körneransatz vermindert wird, wie vielfach behauptet wird, muß, weil nicht näher untersucht, dahin gestellt bleiben. Vielleicht ist die Ursache einer solchen Erscheinung, wo sie etwa beobachtet wurde, nicht in dem Einfluß des Regens selbst, sondern vielmehr in jenem der gleichzeitig gemeinhin herrschenden niederen Temperatur zu suchen, durch welche die Befruchtung eine Einbuße erfährt.

Was schließlich die Schädigungen der Pflanzen in der Reifezeit betrifft, so bestehen dieselben darin, daß die vollständig entwickelten und von dem Regen durchfeuchteten Körner unter geeigneten Witterungsverhältnissen (höhere Temperatur) zu keimen beginnen oder daß die Körner bei heftigen Regen ausgeschlagen werden. Hiervon sollen besonders die Hülsen- und Schotenfrüchte, unter den Halmfrüchten die Gerste und der Hafer, ferner der Kümmel betroffen werden, wenn sie sich im vollreifen Zustande befinden. Fraglich bleibt es indessen, ob die Regentropfen die genügende Kraft besitzen, bei den bezeichneten Pflanzen, mit Ausnahme des Kümmels, diese Wirkungen hervorzurufen. Gewöhnlich beobachtet man das Ausfallen der Körner nur dann, wenn die vollreifen Schoten, Hülsen u. s. w. nach der Durchnässung stark austrocknen, wobei dieselben in Folge von Spannungen aufspringen und die Körner entleeren.

---

[1]) *C. Kraus.* Die Ursachen der Lagerung. Diese Zeitschrift. Bd. XIII. 1890. S. 252—293.

Der Hagel,

welcher bekanntlich in gewissen Regionen besonders häufig auftritt, erweist sich in der Regel für die Kulturen in mehr oder minderem Grade verderblich. Die von den Hagelkörnern getroffenen Pflanzen werden entweder durch Zerstörung ihrer Vegetationsorgane vollständig zu Grunde gerichtet oder doch in einer Weise beschädigt, daß deren Produktionsvermögen in mehr oder minderem Grade eine Einbuße erleidet. Erklärlich wird dies, wenn man berücksichtigt, daß die Hagelkörner Wunden erzeugen, welche einen Substanzverlust und damit eine Schmälerung in der assimilatorischen Thätigkeit der betroffenen Organe zur Folge haben. Eine durch die niedrige Temperatur hervorgerufene chemische Einwirkung findet nicht statt, sondern nur eine mechanische, welche sich dadurch dokumentirt, daß einzelne Partieen des Gewebes gequetscht und durch Vertrocknung zum Absterben gebracht oder Blätter und Achsen zerfetzt und abgeschlagen, resp. geknickt werden[1]).

Dafür, daß die Hagelkörner meist Beschädigungen an den Pflanzen hervorrufen, während die Regentropfen sich fast ausnahmslos unschädlich erweisen, spricht der Umstand, daß letztere sich bei dem Aufschlagen ausbreiten, jene hingegen fest bleiben und auf eine ungleich kleinere Fläche einwirken, besonders aber, daß die Hagelkörner ein beträchtlich höheres Gewicht besitzen und mit einer größeren lebendigen Kraft die Pflanze treffen. Der Durchmesser der Hagelkörner geht ziemlich selten unter 10 mm und ihr Gewicht unter 0,5 gr herab; dagegen giebt es viele Hagelfälle, bei welchen das Gewicht bedeutend größer ist, und solche, bei welchen es mehrere Dekagramme beträgt[2]).

Ueber die Größen- und Gewichtsverhältnisse der Hagelkörner, sowie über die Fallgeschwindigkeit und die lebendige Kraft, mit welcher sie aufschlagen, giebt die folgende Tabelle einige Anhaltspunkte:

---

[1]) *P. Sorauer.* Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin. 1886. Erster Theil. S. 501. — Oesterr. landw. Wochenblatt. 1882. Nr. 1. S. 2.

[2]) La Nature. Nr. 978. — Das Wetter. 1892. Heft 5. S. 114—116.

Durchmesser der Hagelkörner mm	Gewicht der Hagelkörner gr	Fallgeschwindigkeit m per Sek.	Lebendige Kraft beim Aufschlagen der Hagelkörner kgm
8	0,168	16,3	0,00357
10	0,524	18,1	0,00875
12	0,904	19,8	0,0181
14	1,44	21,4	0,0335
16	2,14	22,9	0,0572
18	3,05	24,3	0,0917
20	4,19	25,6	0,140
30	14,14	31,3	0,708
40	33,50	36,2	2,24
50	65,50	40,4	5,46
60	113,00	44,3	11,30
70	180,00	47,9	21,00
80	268,00	51,2	35,70
100	523,00	57,2	87,50

Bei Durchsicht dieser Zahlen wird es begreiflich, wie größere Hagelkörner die Pflanzen vollständig vernichten können, und selbst kleinere noch mit einer solchen Kraft niederfallen, daß die betroffenen Pflanzentheile mehr oder minder beschädigt werden müssen.

Inwieweit das Produktionsvermögen der landwirthschaftlichen Nutzgewächse durch die Hagelschläge eine Verminderung erfährt, ist einerseits von der Größe der Hagelkörner und der Dauer des Unwetters, andererseits von gewissen Eigenthümlichkeiten der betreffenden Pflanzenspezies, besonders von dem Entwickelungsgrade und der Fähigkeit derselben, den erlittenen Schaden zu repariren, abhängig. In diesen Richtungen ergeben sich so außerordentlich große Verschiedenheiten, daß eine einheitliche Darstellung der einschlägigen Verhältnisse mit ganz besonderen Schwierigkeiten verknüpft ist. Von Details abgesehen, sollen daher an dieser Stelle nur die wesentlicheren Gesichtspunkte hervorgehoben werden [1]).

Hinsichtlich der Beziehungen zwischen der Größe der Hagelkörner, ihrer Zahl und der Dauer des Hagelfalles zu den Verwüstungen an den Kulturen ergeben sich so selbstverständliche Gesetzmäßigkeiten, daß diese wohl nicht besonders angeführt zu werden brauchen. Nicht unerwähnt

---

[1]) Vergl. *G. Walz.* Wochenblatt für Land- und Forstwirthschaft. 1857. Nr. 16. — *C. Schramm.* Der Hagelschaden. Dritte Auflage. Zürich. 1885. — *C. Thieme.* Anleitung zum Taxiren von Hagelschäden für den praktischen Landwirth. Berlin. 1884.

darf indessen gelassen werden, daß die bezüglichen Wirkungen des Hagels wesentlich durch den Wind verstärkt, und durch vorangegangene Lagerung der Pflanzen vermindert werden, weil in letzterem Falle die oberirdischen Organe sich gegenseitig decken und schützen.

Im Uebrigen erweisen sich unter sonst gleichen Verhältnissen das Entwickelungsstadium, die Regenerationskraft und Widerstandsfähigkeit der verschiedenen Pflanzenspezies für die Größe des durch den Hagel hervorgerufenen Schadens von Belang.

Im Allgemeinen läßt sich sagen, daß die Pflanzen eine um so geringere Einbuße in ihrem Produktionsvermögen erleiden, je weniger sie in der Entwickelung vorgeschritten sind, und umgekehrt. Es läßt sich dies sowohl aus dem Umstande erklären, daß der Hagel caeteris paribus an sich die Pflanze um so weniger zu schädigen vermag, je geringer die Zahl und die Ausbildung ihrer Organe ist, als auch aus der Thatsache, daß die angerichteten Verheerungen um so leichter reparirt werden können, je frühzeitiger die Gewächse von dem Hagelschlag getroffen werden, und vice versa. Das Maß der bezüglichen Einwirkungen weist jedoch je nach der Spezies mannigfache Unterschiede auf.

Bei den ***Halmfrüchten*** haben durchgreifendere Beschädigungen der oberirdischen Organe vor der Blüthezeit in der Regel die Ausbildung von Seitensprossen zur Folge, die sich in um so größerer Zahl und um so rascher entwickeln, in je jüngerem Zustande die Pflanze durch den Hagel beschädigt wurde. Diese Seitensprossen können, wenn die Pflanze sich in den ersten Vegetationsstadien befindet, unter günstigen Witterungs- und Bodenverhältnissen in der Folgezeit sich so kräftig entfalten, daß, abgesehen von der Verzögerung der Reifezeit, in dem Ertrage keine oder doch nur eine geringfügige Verminderung wahrgenommen wird. Bei geringem Nährstoffvorrath im Boden wird durch Ueberdüngung mit einem kräftig wirkenden Düngemittel nachgeholfen werden müssen, um den gleichen Effekt zu erzielen.

In etwas weiter vorgeschrittenem Stadium der Entwickelung (nach dem Schossen) entwickeln sich zwar weniger Seitensprossen, aber diese können unter günstigen Vegetationsbedingungen zur vollständigen Ausbildung gelangen. Da sie aber später reifen als die zuerst entwickelten Halme, so tritt ausnahmslos jene Erscheinung ein, welche man mit «Zweiwuchs» bezeichnet hat und die insofern unerwünscht ist, als die zu-

erst reifenden Aehren ihre Körner ausfallen lassen, ehe die nachträglich gebildeten ausgereift sind. Dazu kommt, daß die zu verschiedenen Zeiten ausgebildeten Sprossen sich in ihrem Wachsthum gegenseitig ungünstig beeinflussen, indem sie sich die Nahrung entziehen. Um derartigen Unzuträglichkeiten zu begegnen, empfiehlt *Walz*, die verhagelte Frucht, wenn man sich überzeugt hat, daß noch zahlreichere Sprossen nachkommen, abzumähen und als Futter zu verwenden. Unter solchen Verhältnissen werden die von den Wurzeln aufgenommenen Nährstoffe zur Ausbildung der neuen Sprossen verwendet, welche nunmehr kräftiger fortwachsen können als in dem Falle, wo man die verhagelten Pflanzen stehen ließ.

Bei Beurtheilung der Regenerationskraft der Getreidearten im jugendlichen Wachsthumsstadium darf nicht außer Acht gelassen werden, daß die eine Ausgleichung des Hagelschadens bedingenden Erscheinungen sich nur dann geltend machen können, wenn in der Folgezeit die Witterungsverhältnisse sich günstig gestalten und der Boden mit genügenden Wasser- und Nährstoffmengen versehen ist. Entgegengesetzten Falls ist die Entwickelung der nachträglich gebildeten Sprossen eine kümmerliche, so daß die Quantität des Ertrages in mehr oder minderem Grade beeinträchtigt erscheint. In gleicher Weise darf nicht unberücksichtigt gelassen werden, daß die später entwickelten Aehren und Rispen meistentheils nicht so vollkommene Körner zu produziren vermögen, wie die zuerst zur Ausbildung gelangten.

Im Uebrigen läßt sich aus den bisher angestellten Beobachtungen entnehmen, daß bloßer Anschlag an Halm und Aehre, sobald diese nicht geknickt werden, keinen oder doch nur einen geringen Schaden in der Frühperiode bei den Getreidearten hervorruft. Hat der Hagel die Pflanzen umgebrochen, so bilden die Halme in dem oberhalb der Bruchstelle gelegenen Knoten ein Knie; die Aehre wächst wieder nach oben, aber die Körnerbildung ist wesentlich beeinträchtigt, indem die Früchte nur ein geringes Gewicht erreichen. «Ueber dem obersten Knoten gebrochene Halme können kein Knie bilden, und sind, wenn die Körnerbildung zur Zeit des Bruchs noch nicht vollendet war, in Bezug auf diesen Ertrag als vollständig verloren zu betrachten.»

Tritt der Hagel zu einer Zeit ein, wo die ausgebildete Aehre resp. Rispe noch in der Blattscheide sitzt, so klemmen sich häufig die Aehren

an der Blattscheide fest, treten, indem der Halm noch wächst, krumm aus derselben heraus und erhalten nur bei feuchtwarmer Witterung ihre normale Form wieder. Derartige Aehren blühen zwar und setzen Körner an, aber in geringerer Zahl und Güte, so daß die Ernte in Quantität und Qualität eine Verminderung erfährt.

Die in der folgenden Entwickelungsperiode (von der Blüthe bis zur vollkommenen Ausbildung des Kornes) erfolgenden Hagelschläge fügen den Pflanzen besonders dadurch einen Schaden zu, daß sie zu einer theilweisen Zerstörung der Blüthenorgane oder zu einem Bruch der Halme Veranlassung geben. In Bezug auf ersteren Punkt gehen die Ansichten sehr auseinander, indem verschiedene Beobachter die dem Hagel zur Last gelegten Blüthenschäden (Lückigwerden der Aehren, namentlich bei dem Roggen) auf andere Ursachen, vornehmlich auf die während niederschlagsreicher Witterung herrschende niedrige Temperatur zurückführen. Dabei wird aber nicht geleugnet, daß starker Hagel den Fruchtknoten in einer Weise beschädigen kann, daß dieser am Weiterwachsen gehindert ist. Es ist nicht anzunehmen, daß durch Abschlagen der Staubbeutel die Befruchtung gehindert wird, weil diese schon vor dem Herauswachsen jener aus der Aehre stattgefunden hat[1]). Am meisten leidet der Hafer, an welchem schon leichter Hagel die an den feinen Stielchen sitzenden Blüthen und Körnchen ab- oder aus den Deckblättern herausschlägt.

Durch die Knickung der Halme wird in dem in Rede stehenden Entwickelungsstadium der Pflanzen der Ertrag an Körnern meistentheils in erheblichem Grade herabgedrückt, derjenige an Stroh hingegen wenig alterirt. Tritt der Bruch zwischen dem obersten Knoten und der Aehre ein (Oberbruch), so ist der Körnerverlust ungleich größer als in dem Falle, wo die unteren Halmtheile (Unterbruch) oder die Aehren geknickt werden. Bei größerer Sprödigkeit des Strohes (Spelz, Gerste) werden schon bei mittelstarken Hagelfällen viele Halme nicht nur umgebrochen, sondern glatt abgeschlagen.

In der Reife- und Ernteperiode hat der Bruch der Halme keine Schmälerung des Ertrages an Körnern zur Folge, sobald letztere vollständig ausgebildet sind, d. h. die Pflanzen sich im Zustande der Gelb-

---

[1]) *C. Schramm.* a. a. O. S. 23.

reife[1]) befinden. Der Hagel übt dagegen in diesem Stadium durch Ausschlagen der Körner einen meist sehr nachtheiligen Einfluß auf die Ernte aus.

Bei den ***Hülsenfrüchten*** sind die in der Frühperiode hervorgerufenen Hagelschäden im Allgemeinen für das Erträgniß von nicht besonderem Belang, weil die Pflanzen — und dies gilt namentlich von Erbsen und Wicken — die Fähigkeit besitzen, bei Brüchen der Triebe Blüthen und Körner oder bei Zerstörung des Haupttriebes Seitenachsen zu bilden, die entweder aus dem Wurzelstock oder den Achseln der Blätter hervorgehen. Erstere gelangen nur in dem Falle zur vollkommenen Entwickelung, wo sie in jugendlichen Wachsthumsstadien sich ausbilden; späterhin entstandene kommen höchstens zur Entfaltung der Blüthen. Die in den Blattachseln hervortretenden Seitentriebe können jedoch unter günstigen Witterungszuständen sich in einer solchen Weise entwickeln, daß dadurch eine vollständige Ausheilung des Schadens herbeigeführt werden kann. Die gelbe Lupine zeigt ähnliche Verhältnisse, dagegen ist bei der blauen und der weißen Lupine die Reproduktionskraft eine äußerst geringe, wie bei der Ackerbohne, bei welcher gleichergestalt eine Bildung von Seitensprossen nicht wahrgenommen wird. Die etwa bei günstiger Witterung sich aus dem Wurzelstock entwickelnden Seitentriebe verharren fast ausnahmslos im Jugendzustande. Bei den zuletzt bezeichneten Pflanzen heilen aus den angeführten Gründen die durch den Hagel hervorgerufenen Beschädigungen in der Frühperiode bei Weitem nicht so leicht aus, wie bei Erbsen und Wicken, und unter besonderen Umständen nur in der Weise, daß die angesetzten Blüthen bei frühem Bruch des Stengels sich fortentwickeln und Körner ansetzen.

In dem mittleren Entwickelungsstadium, von der Blüthe bis zum Ansatz der Körner, wirkt der Hagel besonders dadurch ungünstig, daß die Körnerbildung in den getroffenen Hülsen sich in unvollkommener Weise vollzieht, zuweilen ganz und gar aufgehoben wird, oder daß die an der Naht geschlagenen Hülsen schon im grünen Zustande ev. später bei der Reife aufspringen.

Ist die Reife der Körner weiter vorgeschritten, so sind die Verheerungen, welche der Hagel anrichtet, von geringerem Umfange, sie

[1]) *A. Nowacki.* Untersuchungen über das Reifen des Getreides. Halle. 1870.

nehmen dagegen wieder zu, wenn die Körner der Vollreife entgegengehen, indem dann ein mehr oder weniger großer Theil derselben ausgeschlagen wird. Die betreffenden Wirkungen sind bei den sich lagernden Arten (Erbse und Wicke) geringer als bei den mit einem senkrecht gestellten Stengel versehenen (Bohne und Lupine).

Die vorzugsweise im Großen kultivirten *Oelfrüchte* (Raps und Rübsen) werden gemeinhin in größerem Umfange durch den Hagel in ihrem Produktionsvermögen beeinträchtigt. Diese Gewächse vermögen zwar viele Seitentriebe zu entwickeln, diese können aber in Rücksicht auf die frühzeitige Blüthe und Reife nur bei Frühschäden zur Erzielung eines angemessenen Ertrages beitragen. Stengelbrüche in der Frühperiode haben meist keine Aufhebung der Blüthen- und Körnerbildung zur Folge, erweisen sich aber dadurch nachtheilig, daß die Reproduktionsorgane eine unvollkommene Entwickelung erfahren.

Nach der Schotenbildung eintretende Hagelfälle bedingen nach Maßgabe ihrer Stärke eine entsprechende Schädigung der Körnerbildung oder führen auch unter Umständen ein Abschlagen der Schoten herbei. Letztere reifen auch wohl schneller und platzen leichter auf als normale. Abgebrochene Stengel und Seitentriebe sind meistentheils als ganz verloren anzusehen.

Sobald die Pflanzen sich im Stadium der Reife befinden, haben einfache Brüche der Stengel keinen nachtheiligen Einfluß auf die Körnerbildung. Die angerichteten Verheerungen werden indessen in der Regel dadurch sehr umfangreich, daß der Hagel die Schoten ab- und aufschlägt.

Bei den *Gespinnstpflanzen* (Hanf und Lein) führen die im jugendlichen Zustande der Pflanzen eintretenden Hagelfälle meist große Verheerungen herbei, welche dadurch in die Erscheinung treten, daß die verletzten Pflanzen größtentheils bei nasser Witterung faulen und bei trockener verdorren. Bei fortgeschrittener Entwickelung eintretende Knickungen des Stengels werden gewöhnlich vollständig ausgeheilt, derart, daß bei oberflächlicher Betrachtung keine Beschädigung wahrgenommen wird. An der Bruchstelle haben aber die Bastfasern ihren Zusammenhang verloren und reißen bei der Verarbeitung. Der Ertrag solcher Pflanzen an Körnern ist mittelmäßig.

Im Uebrigen wird durch den Hagelanschlag die Haltbarkeit des Bastes bedeutend beeinträchtigt, indem die Fasern an der vom Hagel

getroffenen Stelle zerreißen und bei der Flachsbereitung nur Werg liefern. Nach vollständiger Ausbildung der Bastfaser fügt der Hagel in dieser Richtung zwar der Pflanze keinen Schaden zu, aber mit zunehmender Reife nimmt dafür die Gefahr für die Samen zu, weil die Kapseln leicht abgeschlagen werden, besonders bei dem Hanf.

Die bei den ***Wurzel- und Knollenfrüchten*** hervortretenden Beschädigungen betreffen meistentheils die Blätter. Im jugendlichen Zustande findet bei den Rüben nicht selten eine Zerstörung der Herzblätter statt, wodurch die Pflanze zum Absterben gebracht wird. Bei den Kartoffeln wird in dieser Periode der Schaden durch Neubildung von Blättern leicht wieder ausgeglichen. In den späteren Entwickelungsstadien haben Verletzungen der Blätter eine entsprechende Verminderung der Wurzel- und Knollenentwickelung nothwendigerweise zur Folge. Bloße Knickung der Stengel hat in der Regel keine nachtheiligen, zuweilen sogar günstige Folgen für die Knollenbildung[1]). Werden aber die Stengel abgeschlagen, so erfährt letztere eine Verminderung, wie es scheint in der Frühperiode in geringerem Grade als bei vorgeschrittener Vegetation. Wird der über dem Boden befindliche Theil der Rüben von starkem Hagel getroffen, so gestaltet sich der Schaden verschieden, je nachdem die verletzten Stellen vernarben oder der Fäulniß unterliegen. Ersteres tritt meist in mittleren Entwickelungsstadien ein und bedingt nur einen unwesentlichen Verlust, während im zweiten Fall, der sich meist bei vorgeschrittener Vegetation beobachten läßt, die verminderte Haltbarkeit der Rüben einen ziemlich beträchtlichen Schaden veranlaßt. In gleicher Weise sind die an Samenrüben durch den Hagel hervorgerufenen Beschädigungen mit einer bedeutenden Einbuße des Ertrages, nicht selten mit der Vernichtung der gesammten Ernte verknüpft.

Bei dem ***Buchweizen*** werden die durch den Hagel hervorgerufenen Beschädigungen schwer ausgeheilt, nicht etwa wegen der geringen Reproduktionskraft dieser Pflanze, sondern weil dieselbe meist auf einem an Wasser und Nährstoffen armen Boden kultivirt wird. Die Verluste sind namentlich sehr groß, wenn der Buchweizen zur Blüthe- und Reifezeit getroffen wird, indem die betreffenden, an zarten Stielchen sitzenden Organe ungemein leicht abgeschlagen werden.

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 240.

Unter den Handelsgewächsen würde hier noch besonders der ***Hopfen*** und der Tabak zu erwähnen sein. Ersterer besitzt in der Frühperiode den zerstörenden Einwirkungen der Hagelkörner gegenüber eine sehr geringe Widerstandsfähigkeit, doch kann der Schaden dadurch reparirt werden, daß man nach Beseitigung der getroffenen Triebe von den nach kurzer Zeit erscheinenden neuen zwei oder drei nachzieht. Wird in späteren Vegetationsstadien der Gipfel abgeschlagen, so läßt sich derselbe durch Heranziehen eines der beiden in den obersten Blattwinkeln sich entwickelnden Seitentriebe ersetzen. Beschädigungen der Blätter ziehen in dem Umfange, in welchem sie erfolgt sind, eine Verminderung des Ertrages nach sich. Leichte Hagelfälle in der Zeit des Blüthen- und Doldenansatzes veranlassen nur einen geringen Schaden, dagegen sind die bei starkem Hagel angerichteten Verheerungen in der Regel sehr bedeutend, insofern die beschädigten Ranken vertrocknen und die später sich noch etwa entwickelnden Dolden eine nur schwächliche Ausbildung erfahren. Bei der Ernte eintretender starker Hagel verursacht meistentheils eine vollständige Vernichtung der werthbildenden Organe. Für die nächstjährige Vegetation erscheint es vortheilhaft, die Ranken im Herbst nicht abzuschneiden, weil durch den Nachwuchs eine nicht unwesentliche Menge von Reservestoffen gebildet wird, welche in den Wurzelstock aufgespeichert wird und in folgendem Jahr den neuen Trieben zu Gute kommt. (*C. Schramm.* a. a. O. S. 39—42.)

Der ***Tabak*** ist insofern als eine dem Hagel gegenüber sehr empfindliche Pflanze zu bezeichnen, als die Blätter leicht beschädigt werden und dadurch der Ertrag nicht allein in Quantität, sondern auch namentlich in Qualität ausnahmslos eine mehr oder weniger bedeutente Verminderung erfährt. Bei Beschädigungen, welche die Pflanze im besten Wachsthum betroffen haben, kann zwar nach Beseitigung des Endtriebes durch Fortwachsenlassen eines Seitentriebes die Bildung neuer Blätter veranlaßt werden, diese erreichen jedoch niemals den Umfang und die Qualität, wie die zuerst am Stamm sich bildenden Blätter.

Die bei den ***Obstbäumen*** hervorgerufenen Hagelschäden sind, ebenso wie bei den bisher in Betracht gezogenen Pflanzen, verschiedener Art, je nach dem Wachsthumsstadium und den Organen der Pflanze, welche von den Hagelkörnern getroffen werden. Verletzungen der Blätter zu der Zeit, in welcher die Bildung des vegetativen Apparates vollständig

beendet ist, die Pflanze in ihre Reproduktionsepoche tritt, und die in den Blättern produzirten plastischen Stoffe zur Fruchtbildung verwendet werden, üben stets einen ungünstigen Einfluß auf das Erträgniß aus. Wegen des frühzeitigen Eintrittes der Blüthe der meisten Obstbäume und -Sträucher kommen Hagelschäden in diesem Stadium nur selten vor, dagegen bei der spät blühenden Weinrebe, an welcher die Träubchen, namentlich auf der Wetterseite, schon durch leichten Hagel abgeschlagen werden und jene, welche am Stiel angeschlagen werden, zwar noch einige Zeit fortwachsen, aber schließlich einschrumpfen und zu Grunde gehen. Hagelflecken an den Früchten vermindern im günstigsten Falle den Marktwerth derselben, erweisen sich aber auch dadurch schädlich, daß sie zu Fäulnißerscheinungen im Fruchtfleisch Veranlassung geben. Bei der Weinrebe ruft der Hagelschlag an den Beeren in jüngeren Stadien ihrer Entwickelung bräunliche Flecken hervor, welche verhärten. Solche Beeren sollen nach *C. Schramm* nur sehr wenig und immer sehr sauren Saft enthalten. Späterhin, wenn die Trauben anfangen, weich zu werden, rufen die Hagelkörner an denselben Wunden hervor, aus welchen der Saft theilweise ausfließt, und von welchen aus sich ein Fäulnißprozeß in der Regel über die ganze Beere verbreitet.

Nach *P. Sorauer*[1]) werden an den Obstbäumen durch die Hagelkörner auch Rindenwunden erzeugt, «welche an sich von geringer Ausdehnung, durch ihre Häufigkeit aber wesentliche Schädigungen repräsentiren». Die Störung im Gewebe erstreckt sich nicht nur auf die Anschlagstelle, sondern pflanzt sich noch seitlich in der Form einer Rindenlockerung fort. Von der todten Zone aus schieben sich Streifen von meist stärkegefülltem Holzparenchym in das normale Holz ein, lockern dasselbe auf und machen es dadurch spröde und brüchig. Bei feuchter Witterung werden die Hagelwunden leicht Ausgangsstellen für andere Krankheitserscheinungen (Wundfäule, Pilzfäule, Gummifluß u. dgl.) und geben dann nicht selten zu einem vollständigen Absterben der betroffenen Zweige Veranlassung.

Der Schnee

kann dadurch eine verheerende Wirkung ausüben, daß durch den Druck, welchen er bei größeren Ablagerungen in den Baumkronen ausübt, die

[1]) *P. Sorauer.* Handbuch der Pflanzenkrankheiten. Berlin. 1886. Erster Theil. S. 505.

Aeste abbrechen und unter gewissen Umständen die Bäume schief gestellt oder umgeworfen werden[1]. Bei kalter und windiger Witterung sammelt sich der Schnee selten auf den Zweigen in solchen Mengen an, daß er in der geschilderten Weise einen Schaden anrichten kann, weil die Flocken fein sind und vom Winde verwebt werden. Dagegen vermag er umfangreiche Beschädigungen herbeizuführen (Schneebruch), wenn er bei windstiller Witterung in großen weichen Flocken niederfällt, in Folge dieser Beschaffenheit zusammenballt und in großen Massen auf den Zweigen haften bleibt.

Sobald der Schnee sich gleichmäßig in der Baumkrone ablagert, findet bei genügendem Druck lediglich ein Abbrechen der Aeste statt. Bei einseitiger Ablagerung, wie solche bei windigem Wetter auf der dem Winde entgegengesetzten Seite, namentlich an Abhängen, hervorgerufen wird, neigt sich der Stamm und kann je nach der Beschaffenheit des Bodens umgeworfen oder gebrochen werden. Ersteres ist der Fall bei mildem Wetter und so lange der Boden nicht gefroren, letzteres, wenn Kälte herrscht, der Boden fest gefroren und der Stamm spröde ist. Bäume mit flacher Wurzelkrone, sowie verpflanzte werden leichter geworfen als solche mit Pfahlwurzel, resp. an ihrem Standort gewachsene.

Im Uebrigen erweist sich die Beschaffenheit der Baumkrone, sowie jene des Holzes maßgebend für den durch Schneedruck angerichteten Schaden. Im Allgemeinen sind die wintergrünen Bäume besonders der Gefahr ausgesetzt, in größerem oder geringerem Umfang beschädigt zu werden, vor Allem die Kiefer, weniger die Fichten und Tannen, welche ein zäheres Holz und deshalb eine größere Widerstandsfähigkeit besitzen. Bei den Laubbäumen kommt es darauf an, ob dieselben ihr Laub abgeworfen haben, oder in Folge gewisser Witterungsverhältnisse in der vorausgegangenen Vegetationsperiode daran gehindert worden sind. Indem Eiche und Buche meistentheils den ganzen Winter über ihre Blätter behalten, sind diese gefährdeter als andere Laubhölzer, welche in der Regel, wenn auch nicht immer, ihre Blätter während der kalten Jahreszeit verlieren. Daß sonst noch die Sprödigkeit des Holzes mitbedingend ist für die Größe des angerichteten Schadens, ist wohl nicht zu bezweifeln, doch lassen sich hierüber keine speziellen Angaben Mangels einschlägiger

---

[1]) *A. Bernhardt.* Die Waldbeschädigungen durch Sturm und Schneebruch in den deutschen Forsten während der Jahre 1868—1877. Frankfurt a. M. 1880.

Untersuchungen machen. Schließlich ist anzuführen, wie *A. Bernhardt* gefunden hat, daß sich die Widerstandsfähigkeit der Baumarten ändert, je nachdem sie einen ihren Ansprüchen angemessenen Standort haben. Bei den Obstbäumen spielt die Kronenbildung in der in Rede stehenden Hinsicht eine große Rolle. So findet an Apfelbäumen in Folge der flachen Ausbreitung ihrer Aeste nicht selten ein förmliches Auseinanderspalten ihrer Kronen statt.

Der Eisanhang,

welcher in ähnlicher Weise wie der Schneeanhang an den Bäumen Beschädigungen dadurch hervorruft, daß sich an den Zweigen Eisinkrustationen von mehr oder minder großem Gewicht bilden, tritt entweder in Form von Rauhreif (Rauhfrost, Haarfrost, Duftanhang) oder als Glatteis auf. Ueber die Entstehung dieser Eisanhänge, welche vielfach mit einander verwechselt werden, ist nach den diesbezüglichen Untersuchungen von *J. Breitenlohner*[1]) und *R. Aßmann*[2]) Folgendes anzuführen.

Die Vorgänge in der Atmosphäre während der Anhangsperiode werden von ersterem Forscher, wie folgt, geschildert:

„Der Nebel, welcher nicht selten zur Winterszeit beim Kontakt zweier in Temperatur und Feuchtigkeit erheblich differirender Luftströmungen den Gesichtskreis umschleiert, kann innerhalb des Kältemediums bei einer Mischungstemperatur, welche sich nicht zu weit unter dem Nullpunkt bewegt, die anfänglich angenommene flüssige Form, nämlich den Bestand aus Wassertröpfchen beibehalten, da feuchte Winde ausgezeichnete Kaloriferen sind und im Wasserdunste eine Fülle latenter Wärme mit sich führen, welche bei der fortschreitenden Kondensation entbunden wird. Ueberschreitet jedoch das erkältende Motiv ein gewisses Maß, so tritt jene Nebelerscheinung ein, welche man Frostdampf nennt, nämlich eine nicht mehr aus Wassertröpfchen, sondern aus Eisnadeln bestehende Dunstausscheidung. Bei tiefer Temperatur erweisen sich die Nebelkörperchen oder Wassertheilchen stets als äußerst feine und zarte Eisgebilde.

Jedesmal fällt Frostnebel ein, wenn nach länger andauernder Kälte plötzlich dampfreiche Winde einspringen, aber auch umgekehrt, voraus-

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 497—520.

[2]) Das Wetter. II. Jahrg. 1885. S. 27. — Meteor. Zeitschrift. 1885. S. 46 und 1889. S. 339.

gesetzt, daß die polare Luft nicht so bald abgedrängt wird oder sich langsam unter dem Gegenstrom einschiebt. Die in der Luft schwebenden Eisnadeln schießen dann überall, wo nur eine Haftstelle sich darbietet, unmittelbar an den Gegenständen an und gruppiren sich, folgend dem Krystallisationsgesetze, zu Stengelchen, welche wiederholt aus zarten Fiederchen zusammengesetzt sind. So entsteht ein Haufwerk von Krystallgruppen in Form von Bärten und Büscheln, welches, wenn der Anflug von den Bäumen mehr oder weniger bemerkbar ist, Rauhreif, Rauhfrost, Haarfrost oder Duftanhang genannt wird. Die Eiskryställchen bilden sich leichter an den Rauhigkeiten der Körperoberflächen als in freier Luft und noch besser auf bereits vorhandenen Kryställchen. Es widerstreitet daher der Vorstellung, daß Wassermoleküle, deren Temperatur schon nahe dem Gefrierpunkt liegt, im Momente der Anlagerung an abgekühlten Gegenständen oder von bereits gebildeten Eisnadeln erstarren und den Krystallisationsprozeß weiterführen, durchaus nicht der genetischen Spezialisirung des Duftanhangs. Sobald aber flüssiges Wasser in größeren oder kleineren Tröpfchen an den erkalteten Gegenständen und unter Mitwirkung negativer Lufttemperatur erst nach einer Weile gefriert, entsteht niemals Duftanhang, sondern jedesmal Glatteis."

Nach *Aßmann* entsteht Rauhreif, „wenn der Wasserdampf entweder so reichlich vorhanden oder die Temperatur so niedrig ist, daß der Dampfsättigungspunkt bis in höhere Schichten hinein erreicht ist, so daß eine Wolke, gemeinhin als Nebel bezeichnet, der Erdoberfläche aufliegt. Die diese Wolke zusammensetzenden Elemente bestehen bis zu einer Grenze von —10°, vielleicht unter besonderen Umständen noch darunter, aus überkaltetem flüssigen Wasser in Tropfenform, welche indeß bei der Berührung irgend eines Gegenstandes von annähernd derselben Temperatur sofort erstarren. Liegt aber die Temperatur so tief unter dem Gefrierpunkte, daß die Kondensation des atmosphärischen Wasserdampfes in Gestalt einer direkten Sublimation, d. h. eines unmittelbaren Ueberganges aus dem gasförmigen in den festen stattfindet, so werden auch die an die Objekte der Erdoberfläche aufliegenden Eiskryställchen dem Reif sowohl, als auch dem Rauhreife eine krystallinische Struktur verleihen müssen.

Glatteis dagegen besteht aus flüssigem, nicht oder nur wenig überkaltetem Wasser, welches Gegenstände berührt, deren Temperatur

niedriger unter dem Gefrierpunkte liegt als die der fallenden meist größeren Regentropfen. Diese sind zuweilen schon beim Fallen mit Eis gemischt und entstammen dann wohl unvollkommen geschmolzenen Schneeflocken oder Graupeln. Ein derartiger Tropfen hat, weil nicht oder nur wenig überkaltet, noch Zeit, bei der Berührung eines Gegenstandes sich flächenartig auszubreiten, ehe er durch die niedrige Temperatur des letzteren zu durchsichtigem Eise erstarrt, welches nun wie eine gläserne Kruste die Oberfläche bedeckt."

Wie man sieht, stehen die Ansichten beider Forscher bezüglich der Entstehung von Glatteis in vollkommener Uebereinstimmung, dagegen zeigen dieselben hinsichtlich der Bildung des Rauhreifes oder Duftanhanges insofern eine Abweichung, als *Aßmann* bei der Erklärung dieses Phänomens der Surfusion[1]) des Wassers eine größere Rolle beizumessen scheint als der Sublimation des Wasserdampfes. In ähnlicher Weise äußerte sich *Jamin* anläßlich des bedeutenden, am 22. Januar 1879 in Frankreich eingetretenen Eisbanges. Nach seiner Ansicht wurde die Luft in der ersten Hälfte des Januar, um welche Zeit bedeutende Schneefälle sich fast über ganz Mitteleuropa erstreckten, von dem darin schwebenden atmosphärischen Staube[2]) befreit, und deshalb konnten sich die freien unter Null erkalteten Wassertröpfchen in der Luft flüssig erhalten, um erst beim Auffallen auf terrestrische Gegenstände zu Eis zu erstarren.

Dem gegenüber macht *Breitenlohner* wohl mit Recht geltend, daß man sich nur schwer eine Vorstellung davon machen könne, „wie so ein Wassertröpfchen, welches aus einer gewissen Höhe herabfällt, irgend einen Gegenstand von der Erdoberfläche erreichen könnte, ohne, wenn auch jegliches Staubpartikelchen aus der Atmosphäre fortgespült ist, mit einem andern Wassertröpfchen, welches denselben Weg zurücklegt, in die geringste Kollision zu gerathen, was doch, abgesehen von der fallenden Bewegung des Tröpfchens an sich, genügen würde, um das Wasser

[1]) Unter «Surfusion» versteht man das Flüssigbleiben eines Körpers bei einer Temperatur, die niedriger ist als sein gewöhnlicher Gefrierpunkt.

[2]) Ueber die Betheiligung der Staubtheilchen der Atmosphäre an der Kondensation des Wasserdampfes in derselben vergleiche die Arbeiten von *J. Aitken.* Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 142. — Bd. XI. 1888. S. 430. — Bd. XIII. 1890. S. 375. — Bd. XIV. 1891. S. 473. — Bd. XV. 1892. S. 482. — Bd. XVII. 1894. S. 489 und 492.

sofort zum Gefrieren zu bringen.“ Daß ein solcher Vorgang unter Umständen stattfinden und mit zur Bildung von Rauhreif beitragen könne, wird zwar von genanntem Forscher, wie oben ausgeführt wurde, nicht bestritten, aber es wird ihm nicht die Bedeutung beigemessen, wie solche von *Jamin* und *Aßmann* dafür in Anspruch genommen wird.

Wie außerordentlich groß der Eisanhang an Wald- und Obstbäumen werden kann, hat *Breitenlohner* durch einige Messungen nachgewiesen. Auf 1 Gewichtstheil blattloses Objekt (Zweig) entfielen an Eis bei Kirsche 36,7, bei Zerreiche 44,1, bei Rothbuche 85,3, bei Tanne 31,1, bei Fichte 51,3 und bei Kiefer 99,0 Gewichtstheile. Angesichts dieser Zahlen kann es nicht Wunder nehmen, daß der Eisanhang in extremen Fällen, welche glücklicherweise selten eintreten, an den Bäumen sehr bedeutende Verheerungen anzurichten vermag. Unter der kolossalen Last werden nicht nur die Aeste abgebrochen, sondern auch die Stämme gebrochen oder umgeworfen. Dies gilt besonders von den Holzgewächsen in ganz freier Lage und in zerstreuter Stellung, sowie von den in der Randzone stehenden eines geschlossenen Bestandes. Bemerkenswerth ist auch die Thatsache, daß der Eisanhang mit der Höhe an Intensität zunimmt und dementsprechend seine nachtheiligen Wirkungen ausübt.

Neue Litteratur.

H. E. Hamberg. **De l'influence des forêts sur le climat de la Suède.** (Om skogarnes inflytande på sveriges klimat.) ***IV. Eaux tombées.*** (Nederbörd.) Bihang till domänstyrelsens underdåniga berättelse rörande skogsväsendet för år 1895. Stockholm. 1896[1]).

H. E. Hamberg. **De l'influence des forêts sur le climat de la Suède.** ***V. Couche de neige.*** (Snötäcke.) Ibid. Stockholm. 1896.

E. Ebermayer. **Neue meteorologische Theorien.** Forstwissenschaftliches Centralblatt. XIX. Jahrgang. 1897. S. 66—74.

W. Ramsay. **The gases of the atmosphere.** The history of their discovery. London. 1896.

---

[1]) Vergl. Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 146. — Bd. XII. 1889. S. 366.

†

Am 24. März d. Js. starb im Alter von 64 Jahren unser verehrter Mitarbeiter

Herr Dr. **J. Breitenlohner,**

Professor für Meteorologie, Klimatologie und Bodenkunde an der k. k. Hochschule für Bodenkultur in Wien.

Ehre seinem Andenken!

Redaktion und Verlagsbuchhandlung.

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

C. Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse der Bodenarten.

(Zweite Mittheilung.)

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

II. Die Temperaturverhältnisse der Kalk- und Magnesiaböden.

In diesen Versuchen, welche sich denen über die Temperaturverhältnisse der Humus-, Thon- und Quarzsandböden anschließen[1]), wurde zunächst feinkörniger Kalksand aus der Isar mit 84,6 % kohlensaurem Kalk verwendet und dieser mit Lehm und Quarzsand in Vergleich gezogen (Versuch I—III). Die Versuchsmaterialien befanden sich in Kästen (von 1 qm Querschnitt und 0,25 m Höhe), welche auf einer frei gelegenen, mit Gras bestandenen Fläche des Versuchsfeldes bis auf 2 cm vom oberen Rande in die Erde versenkt waren. Da die Kästen keinen Boden besaßen, so bildete der aus Glazialschotter bestehende, für Wasser leicht durchlässige Untergrund die Unterlage für die verschiedenen Bodenarten. Die Beobachtungen, welche in Tabelle I übersichtlich zusammengestellt sind, wurden alle zwei Stunden, Tag und Nacht, vorgenommen. In den beiden anderen Versuchen (II und III) wurden die Thermometer (in $^1/_5$ Grade nach Celsius getheilt) um 7 h a. m. und 5 h p. m. abgelesen.

---

1) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 305.

In den Versuchen IV—VII hatten die aus 3 cm starken Brettern hergestellten, auf einer nach allen Seiten frei gelegenen Kiesfläche bis 2 cm unter dem Rande, in Abständen von 0,5 m in einer Reihe eingesenkten Kästen einen lichten Querschnitt von 50 : 50 cm (2500 qcm) und eine Tiefe von 30 cm. Die Versuchsmaterialien ruhten auch in diesen Versuchen direkt auf dem Schotter auf, so daß sie sich nur entsprechend ihrer physikalischen Beschaffenheit mit Wasser sättigen konnten.

Es wurden verwendet (Versuch IV und V):

Lehm, Ziegellehm von Berg am Laim bei München, theils unverändert, theils gemischt mit 8 resp. 16 % gefälltem kohlensauren Kalk; ferner: zerkleinerter Marmor, carrarischer Marmor (von 0,01—2 mm Korndurchmesser) und Quarzsand von gleicher Feinheit.

In den übrigen Versuchen (VI und VII) wurden benutzt:

Je 75 Liter Lehm, Torf (Hochmoorboden aus dem Haspelmoor, in Form von Mull) und Quarzsand in unverändertem Zustande und mit 12 kg kohlensaurem Kalk (gefällt) gemengt. Auf das Gewicht bezogen betrug der Kalkgehalt: bei dem Lehm ca. 12 %, bei dem Torf 50 % und bei dem Quarzsand 9,6 %. Diese Verschiedenheiten sind jedoch nicht weiter zu berücksichtigen, weil, wie bereits mehrfach in dieser Zeitschrift nachgewiesen wurde, für die Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnisse der Bodenarten das Volumen der betreffenden Materialien vornehmlich in Betracht zu ziehen ist. Dieser Anforderung wurde in vorliegenden Versuchen insofern entsprochen, als in dem gleichen Raum, welchen die verschiedenen Bodenarten einnahmen, dieselbe Quantität Kalk enthalten war. Ferner wurde je ein Kasten mit gepulvertem Gips (0,01—2,00 Korngröße) und ebenso beschaffenem zerkleinerten Marmor und Magnesit (Magnesiumkarbonat) beschickt.

In den Versuchen I—III wurde die Bodentemperatur in 10 cm, in den übrigen in 15 cm Tiefe gemessen[1]).

---

[1]) Bezüglich der Witterungsangaben für die Beobachtungen der Versuche II und III sind die Mittheilungen in dieser Zeitschrift Bd. XIX. 1896. S. 315—328 zu vergleichen.

1. Stündliche Beobachtungen und Tagesmittel.

Versuch I (1880).

Bodentemperatur in 10 cm Tiefe.

	26. Mai.				27. Mai.			
Zeit	Luft-tempe-ratur	Kalk-sand	Lehm	Quarz-sand	Luft-tempe-ratur	Kalk-sand	Lehm	Quarz-sand
12 h a. m.	13,0	16,1	17,5	16,3	16,3	17,6	19,0	18,0
2 »	12,4	14,6	15,8	14,6	11,0	16,0	17,4	16,2
4 »	11,5	13,4	14,7	13,4	13,4	14,8	16,2	14,8
6 »	19,8	12,8	13,9	12,9	21,4	14,0	15,2	14,2
8 »	24,8	14,5	14,8	15,6	25,0	15,6	15,9	16,4
10 »	27,8	17,5	17,4	19,8	28,6	18,4	18,5	19,9
12 » m.	28,6	21,4	21,0	23,6	30,6	22,6	22,1	24,0
2 » p. m.	29,8	24,0	23,8	25,9	32,4	26,0	25,4	26,7
4 »	29,0	25,4	25,5	26,7	32,4	27,2	27,2	27,7
6 »	25,6	24,8	25,4	25,6	28,2	26,7	27,2	26,8
8 »	20,4	22,2	23,3	22,7	23,0	24,3	25,4	24,4
10 »	18,4	19,6	21,0	22,0	18,4	21,6	22,8	21,6
Mittel:	21,76	**18,86**	**19,51**	**19,76**	23,39	**20,40**	**21,03**	**20,89**
Schwankungen:	8,3	12,6	11,6	13,8	21,4	13,2	12,0	13,5

26. Mai. Witterung.
Kl. u. r. Nachm. schw. W. Ab. r.

27. Mai. Witterung.
Kl. u. r. Vorm. kl. u. schw. W. Ab. kl. u. r.

	28. Mai.				16. Juni.			
Zeit	Luft-tempe-ratur	Kalk-sand	Lehm	Quarz-sand	Luft-tempe-ratur	Kalk-sand	Lehm	Quarz-sand
12 h a. m.	17,2	19,3	20,8	19,9	12,8	15,4	16,2	15,8
2 »	16,0	17,8	19,2	18,0	12,6	14,8	15,4	15,0
4 »	16,9	16,6	18,0	17,0	12,2	14,5	15,0	14,6
6 »	19,6	15,8	17,1	16,4	13,0	14,0	14,6	14,2
8 »	22,2	16,6	17,6	17,8	14,4	14,4	14,6	14,6
10 »	22 4	18,8	19,0	19,8	16,5	15,0	15.2	16,0
12 » m.	23,4	21,0	20,8	21,8	16,7	16,0	16,2	17,0
2 » p. m.	23,8	22,8	22,6	23,5	18,3	16,6	16,7	17,8
4 »	20,0	22,4	22,7	22,7	18,0	17,2	17,4	18,4
6 »	16,8	20,8	21,4	21,0	15,2	17,0	17,4	17,6
8 »	13,2	18,6	19,7	17,6	14,6	16,2	16,6	16,6
10 »	12,0	16,6	17,6	15,8	13,6	15,6	16,0	15,6
Mittel:	18,55	**18,92**	**18,87**	**19,27**	14,82	**15,56**	**15,94**	**16,10**
Schwankungen:	11,8	7,0	5,6	7,7	6,1	3,2	2,8	4,2

28. Mai. Witterung.
Fr. ver. u. mst. W. Mg. bew. u. mst. W. Vorm. bew. u. st. W. Nachm. bew. Von 5h ab st. R.

16. Juni. Witterung.
Fr. abw. bew. Mg. bis Ab. abw. st. u. schw. R., sowie ver. W.

1. Juli. | **7. Juli.**

Zeit	Lufttemperatur (1. Juli)	Kalksand (1. Juli)	Lehm (1. Juli)	Quarzsand (1. Juli)	Lufttemperatur (7. Juli)	Kalksand (7. Juli)	Lehm (7. Juli)	Quarzsand (7. Juli)
12 h a. m.	15,4	18,6	19,8	19,0	10,6	15,8	16,6	16,2
2 »	14,8	17,6	18,8	18,0	10,0	14,4	15,2	14,4
4 »	16,4	16,7	17,8	17,0	8,5	13,6	14,4	13,6
6 »	18,2	16,4	17,2	17,0	15,6	13,0	13,6	12,8
8 »	20,6	17,0	17,4	17,8	19,4	14,4	14,4	14,8
10 »	25,8	19,2	18,8	20,8	22,8	17,6	17,0	19,4
12 » m.	27,0	23,0	22,1	25,2	25,4	20,8	19,8	24,0
2 » p. m.	29,4	26,0	25,2	28,0	26,8	23,2	22,8	27,4
4 »	17,8	24,2	24,6	24,0	27,8	24,4	24,6	28,6
6 »	17,8	22,1	22,6	22,0	24,8	23,2	24,4	26,9
8 »	16,8	20,2	20,8	19,8	20,0	21,4	22,8	24,2
10 »	16,0	19,2	19,7	18,8	15,4	19,2	20,6	21,0
Mittel:	19,67	**20,02**	**20,40**	**20,62**	**18,92**	**18,42**	**18,85**	**20,27**
Schwankungen:	14,6	9,6	8,0	11,0	19,3	11,4	11,0	15,8

Witterung (1. Juli).

Fr. kl. Mg. u. Vorm. bew. u. schw. W. Nachm. bew. u. G.-R. Ab. bew. u. schw. W.

Witterung (7. Juli).

Kl. Nachm. schw. W.

8. Juli.

Zeit	Lufttemperatur	Kalksand	Lehm	Quarzsand
12 h a. m.	16,2	17,6	19,0	19,2
2 »	14,4	16,6	17,8	17,8
4 »	15,6	16,2	17,2	17,2
6 »	21,0	16,0	16,7	16,8
8 »	25,6	17,4	17,4	18,5
10 »	27,4	20,4	19,8	22,4
12 » m.	27,1	23,1	22,8	25,8
2 » p. m.	22,0	23,2	23,7	26,0
4 »	15,4	19,8	21,0	20,1
6 »	16,2	19,0	19,8	19,4
8 »	15,3	18,4	19,0	18,6
10 »	14,8	17,6	18,0	17,0
Mittel:	19,25	**18,77**	**19,35**	**19,90**
Schwankungen:	13,0	7,2	7,0	9,2

Witterung.

Von 12—1h kl., dann abw. bew. Um 4h G. Mg. u. Vorm. kl. M. bew. Von 2—3½h p. m. st. G.-R. Von 4—6h bew., dann schw. R., später st. R.

Mittel sämmtlicher Beobachtungen.

	Kalksand	Lehm	Quarzsand
Bodentemperatur	**18,71**	**19,14**	**19,54**
Temperaturschwankungen	**9,17**	**8,29**	**10,76.**

2. Fünftägige und Monats-Mittel.

Versuch II (1880).

Bodentemperatur in 10 cm Tiefe.

April	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
			Kalksand	Lehm	Quarzsand	Kalksand	Lehm	Quarzsand
1.— 5.	24,00	6,85	6,94	7,09	7,40	5,0	4,9	5,6
6.—10.	32,01	4,21	5,86	6,14	5,83	5,6	6,1	7,0
11.—15.	—	8,75	8,33	8,90	8,96	12,6	14,5	16,6
16.—20.	5,56	12,53	11,68	12,76	12,61	8,8	10,3	11,8
21.—25.	5,90	12,70	13,55	14,34	14,34	9,5	9,4	11,1
26.—30.	19,37	6,38	9,54	9,81	9,50	8,5	8,7	9,4
Mittel:	(86,84)	8,57	**9,32**	**9,84**	**9,77**	**8,33**	**8,98**	**10,25**
Mai								
1.— 5.	5,85	9,12	10,15	10,48	10,71	8,8	9,1	11,0
6.—10.	47,46	6,61	9,74	10,02	10,00	10,2	10,6	12,7
11.—15.	8,10	12,01	12,91	13,85	14,32	13,4	14,4	17,0
16.—20.	10,00	8,90	12,74	13,56	13,37	15,7	16,6	18,0
21.—25.	12,16	12,52	12,79	13,06	13,89	16,5	16,5	18,3
26.—31.	63,84	13,07	15,43	15,85	15,66	18,0	18,0	18,4
Mittel:	(147,41)	10,37	**12,19**	**12,80**	**12,99**	**13,76**	**14,20**	**15,90**
Juni								
1.— 5.	17,80	11,90	14,07	14,37	14,97	10,1	10,9	11,6
6.—10.	22,91	13,89	14,82	15,09	14,40	12,5	13,0	14,8
11.—15.	9,74	14,19	15,39	15,41	16,30	10,2	10,8	14,0
16.—20.	6,24	16,06	18,04	18,40	18,99	11,6	12,3	12,8
21.—25.	38,55	14,32	16,63	16,53	17,22	9,5	9,0	12,1
26.—30.	10,30	16,49	17,99	18,08	18,80	13,2	12,6	15,2
Mittel:	(105,54)	14,47	**16,11**	**16,31**	**17,80**	**11,18**	**11,43**	**13,34**
Juli								
1.— 5.	78,61	16,19	18,08	18,28	18,54	11,4	11,1	13,3
6.—10.	25,30	16,84	18,69	19,00	20,00	11,0	11,8	15,0
11.—15.	12,80	18,10	20,02	20,66	21,77	12,2	13,0	14,5
16.—20.	15,95	21,78	22,76	22,97	23,43	12,0	11,0	12,5
21.—25.	21,24	17,01	19,66	19,68	20,82	13,2	12,7	16,0
26.—31.	19,60	18,28	20,00	19,94	21,55	12,3	12,0	14,7
Mittel:	(173,50)	18,03	**19,87**	**20,09**	**21,02**	**12,01**	**11,93**	**14,33**

August	Nieder-schlags-menge mm	Luft-tempe-ratur	Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
			Kalk-sand	Lehm	Quarz-sand	Kalk-sand	Lehm	Quarz-sand
1.— 5.	24,00	13,18	17,12	16,89	17,75	10,2	9,8	13,4
6.—10.	37,92	13,81	16,05	15,99	16,88	10,0	9,9	12,4
11.—15.	42,53	15,56	16,85	16,64	17,49	8,6	7,6	10,0
16.—20.	10,68	16,58	18,79	18,98	19,55	8,8	8,2	11,2
21.—25.	50,77	16,32	18,66	18,78	19,64	9,0	8,6	11,4
26.—31.	3,45	15,82	17,78	18,31	19,31	10,9	10,4	13,7
Mittel:	(169,35)	15,21	**17,54**	**17,60**	**18,44**	**9,58**	**9,08**	**12,01**
September								
1.— 5.	—	18,10	19,37	20,08	20,33	13,5	12,8	12,6
6.—10.	9,39	16,88	18,76	19,07	19,28	9,6	9,6	9,8
11.—15.	5,25	14,65	16,77	16,86	17,18	9,2	9,0	9,8
16.—20.	40,76	10,73	13,31	13,38	13,52	8,2	8,0	8,9
21.—25.	12,75	10,75	12,66	12,75	12,83	7,5	7,2	8,1
26.—30.	0,30	9,02	11,74	11,98	12,34	9,2	9,2	10,0
Mittel:	(68,45)	13,35	**15,43**	**15,68**	**15,91**	**9,53**	**9,30**	**9,87**
Oktober								
1.— 5.	20,9	9,36	11,07	11,33	11,61	8,1	8,8	10,5
6.—10.	15,0	12,67	13,20	13,68	13,32	9,7	9,3	10,8
11.—15.	10,0	6,78	9,43	9,60	9,68	3,8	4,2	4,2
16.—20.	23,9	8,44	9,82	9,94	9,92	7,1	6,9	7,6
21.—25.	66,8	4,06	7,34	7,35	7,33	8,9	9,6	10,2
26.—31.	41,5	5,89	7,20	7,32	7,44	9,8	10,9	11,0
Mittel:	(178,1)	7,87	**9,68**	**9,87**	**9,88**	**7,90**	**8,28**	**9,05**

Versuch III (1881).

April								
1.— 5.	11,0	3,24	5,39	5,41	5,34	8,1	8,6	10,7
6.—10.	3,3	4,90	7,37	7,40	7,43	8,4	8,2	10,3
11.—15.	4,2	7,14	9,58	9,84	9,65	9,9	9,7	12,4
16.—20.	5,1	8,46	10,48	10,73	10,28	10,9	10,7	12,9
21.—25.	5,6	4,06	7,00	7,23	6,37	7,4	7,2	9,1
26.—30.	16,4	4,01	7,19	7,25	6,80	8,5	8,8	12,1
Mittel:	(45,6)	5,30	**7,83**	**7,98**	**7,64**	**8,87**	**8,87**	**11,25**

Mai	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
			Kalksand	Lehm	Quarzsand	Kalksand	Lehm	Quarzsand
1.— 5.	4,17	10,82	11,84	12,34	11,98	12,1	13,4	14,4
6.—10.	—	9,01	12,60	13,22	12,50	11,8	12,7	14,6
11.—15.	5,75	6,04	7,86	8,00	7,82	14,8	14,9	16,9
16.—20.	33,75	13,57	14,54	15,00	14,63	15,2	15,7	17,3
21.—25.	9,87	11,74	14,37	14,67	14,55	9,8	9,8	11,7
26.—31.	180,15	13,26	14,57	14,62	15,13	9,0	9,7	12,8
Mittel:	(233,69)	10,82	**12,70**	**13,02**	**12,86**	**12,12**	**12,70**	**14,62**

Juni

1.— 5.	1,42	15,96	18,13	18,60	18,62	16,7	14,4	16,8
6.—10.	57,45	9,36	13,35	13,56	13,30	11,5	11,8	14,8
11.—15.	5,25	11,76	12,82	12,88	13,45	10,2	9,9	11,6
16.—20.	11,35	16,89	17,72	18,11	18,35	10,2	9,9	11,6
21.—25.	23,72	20,80	21,68	21,90	22,10	12,6	12,9	14,1
26.—30.	21,15	15,61	18,46	18,34	18,66	7,3	5,4	9,3
Mittel:	(120,34)	**15,06**	**17,03**	**17,23**	**17,41**	**11,42**	**10,72**	**13,03**

Juli

1.— 5.	—	19,60	21,12	21,36	21,98	18,0	17,8	18,8
6.—10.	6,00	18,24	21,37	21,58	21,28	16,0	15,5	16,4
11.—15.	—	19,29	21,96	21,58	21,99	16,1	15,5	16,9
16.—20.	7,62	23,45	25,33	25,04	25,22	15,1	14,5	16,0
21.—25.	43,90	19,07	21,88	21,65	22,20	15,6	16,2	15,8
26.—31.	7,05	16,94	19,76	19,23	19,82	14,3	12,9	15,1
Mittel:	(64,57)	19,35	**21,83**	**21,66**	**22,02**	**15,85**	**15,40**	**16,50**

August

1.— 5.	3,37	20,12	22,21	21,82	22,12	13,1	11,8	13,4
6.—10.	—	20,64	22,62	22,24	22,41	11,8	10,6	12,6
11.—15.	6,40	16,14	18,65	18,21	18,47	10,3	9,3	11,2
16.—20.	25,55	15,35	16,80	16,27	16,92	11,8	9,4	13,0
21.—25.	36,10	17,82	19,40	18,89	19,26	11,3	9,8	12,0
26.—31.	37,10	14,30	16,47	16,48	16,98	12,4	12,0	17,1
Mittel:	(108,52)	17,29	**19,27**	**18,90**	**19,28**	**11,78**	**10,48**	**13,22**

Septbr.	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
			Kalksand	Lehm	Quarzsand	Kalksand	Lehm	Quarzsand
1.— 5.	19,77	12,87	14,90	14,76	15,04	7,5	7,2	9,7
6. - 10.	8,70	13,90	15,63	15,54	15,94	7,6	7,4	9,6
11.—15.	1,90	12,66	14,19	14,22	14,47	7,5	6,5	9,7
16.—20.	7,35	13,35	15,39	15,37	15,50	12,8	12,3	14,4
21 —25.	8,10	8,46	12,34	12,48	12,19	15,2	15,0	17,3
26.—30.	19,75	8,08	10,93	10,91	10,81	10,0	9,1	11,7
Mittel:	(65,57)	11,55	**13,90**	**13,88**	**13,92**	**10,10**	**9,58**	**12,07**
Oktober								
1.— 5.	4,7	4,87	8,23	8,29	8,09	5,1	5,0	5,9
6.—10.	1,7	5,69	7,65	7,63	7,07	7,0	6,8	8,4
11.—15.	7,9	7,23	8,57	8,64	8,43	6,8	6,6	8,2
16.—20.	5,3	1,87	5,30	5,32	4,84	4,6	4,4	5,0
21.—25.	25,0	5,35	6,44	6,37	6,37	7,5	7,4	8,4
26.—31.	31,2	0,43	3,83	3,79	3,48	5,5	5,5	5,6
Mittel:	(75,8)	4,20	**6,58**	**6,54**	**6,29**	**6,08**	**5,95**	**6,92**

Bei Berechnung der Durchschnittstemperatur, resp. der Niederschlagssumme für die ganze Beobachtungszeit ergeben sich folgende Resultate:

Versuch	Niederschlagssumme mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur			Temperaturschwankungen		
			Kalksand	Lehm	Quarzsand	Kalksand	Lehm	Quarzsand
II. 1880.	929,19	**12,55**	**14,31**	**14,60**	**15,12**	**10,33**	**10,46**	**12,11**
III. 1881.	714,09	**11,94**	**14,16**	**14,17**	**14,23**	**10,89**	**10,53**	**12,52.**

Von Nebenumständen abgesehen, läßt sich diesen Daten entnehmen, daß von den verschiedenen in Vergleich gezogenen Bodenarten der Kalksand im Allgemeinen die niedrigste Temperatur aufzuweisen hat, daß dann in aufsteigender Reihe der Lehm folgt, während der Quarzsand am wärmsten ist. Hinsichtlich der Temperaturschwankungen ergiebt sich nur insofern ein sicheres Resultat, als diese in dem Quarzsand beträchtlich größer sind, als in den beiden anderen Bodenarten, dagegen läßt sich bei letzteren nicht deutlich ihr diesbezügliches Verhalten erkennen, insofern der Kalksand im Jahre 1880 durchschnittlich schwächere, im Jahre 1881 aber stärkere Schwankungen der Temperatur aufzuweisen hatte. Diese Unterschiede lassen sich weder zu dem Gange der Temperatur, noch zu demjenigen der Niederschläge in Beziehung bringen, wie sich bei näherer Durchsicht obiger Tabellen deutlich genug ergiebt. Aus

diesem Grunde wird von einer Erklärung der einschlägigen Erscheinungen vorerst Abstand genommen werden müssen.

In dem Betracht, daß die Unterschiede in den Bodentemperaturen ungleich geringer als jene in den Temperaturschwankungen sind, wird geschlossen werden dürfen, daß die drei Bodenarten in dem Gange der Bodentemperatur Abweichungen von einander zeigen, welche in den Mitteln nicht zum Ausdruck gelangen. Zur Charakterisirung der betreffenden Eigenthümlichkeiten erscheint es daher angezeigt, die Extreme zur Darstellung zu bringen, wie solches in den folgenden Tabellen geschehen ist, in welchen einerseits die absoluten Maxima und Minima der Bodentemperatur, andererseits die mittleren Morgen- und Abendtemperaturen zusammengestellt worden sind.

1880.

Absolute Minima und Maxima der Bodentemperatur.

Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand		Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
April.							**Mai.**						
1.– 5.	4,2	9,2	4,5	9,4	4,0	9,6	1.– 5.	5,8	14,6	5,9	15,0	5,6	16,6
1.–10	3,8	9,6	3,9	10,0	3,2	10,2	6.–10.	5,6	15,8	5,6	16,2	5,0	17,7
11.–15.	3,2	15,8	3,5	18,0	2,2	18,8	11.–15.	5,8	19,2	6,2	20,6	5,3	22,3
16.–20.	7,6	16,4	8,3	18,6	7,2	19,0	16.–20.	5,8	21,5	6,2	22,8	5,7	23,7
21.–25	9,1	18,6	10,2	19,6	9,0	20,1	21.–25.	7,1	23,6	7,4	23,9	7,1	25,4
26.–30.	5,5	14,0	5,6	14,3	5,2	14,6	26.–31.	9,2	27,2	9,4	27,4	9,0	27,4
Monat:	3,2	**18,6**	3,5	**19,6**	2,2	**20,1**	Monat:	5,6	**27,2**	5,6	**27,4**	5,0	**27,4**
Juni.							**Juli.**						
1.– 5.	9,0	19,1	9,1	20,0	8,8	20,4	1.– 5.	13,2	24,6	13,2	24,3	13,3	26,6
6.–10	10,1	22,6	10,2	23,2	10,0	24,8	6.–10.	13,2	24,2	13,2	25,0	13,2	28,2
11.–15.	12,2	22,0	12,0	22,8	12,0	26,0	11.–15.	14,6	27,6	15,2	28,2	14,9	29,5
16.–20.	14,2	25,8	14,4	26,7	14,4	27,2	16.–20.	16,7	28,9	17,8	28,8	17,7	30,2
21.–25.	12,9	22,4	13,0	22,0	12,9	25,0	21.–25.	14,0	27,0	14,0	26,7	13,8	29,8
26.–30.	13,2	26,4	13,8	26,4	13,2	28,4	26 -31.	15,5	27,8	15,8	27,8	15,7	30,4
Monat:	9,0	**26,4**	9,1	**26,7**	8,8	**28,4**	Monat:	13,2	**28,9**	13,2	**28,8**	13,2	**30,4**
August.							**September.**						
1.– 5.	12,2	22,4	12,4	22,2	12,0	25,4	1.– 5.	13,2	26,7	13,9	26,7	14,0	26,6
6.–10.	12,8	22,8	12,9	22,8	12,8	25,2	6.–10.	14,4	24,0	14,6	24,2	14,8	24,6
11.–15.	13,0	21,6	13,2	20,8	13,0	23,0	11.–15.	11,8	21,0	12,2	21,2	11,8	21,6
16.–20.	14,6	23,4	15,0	23,2	14,2	25,4	16.–20.	9,6	17,8	9,6	17,6	9,4	18,3
21.–25.	14,6	23,6	14,8	23,4	14,6	26,0	21.–25.	8,8	16,3	9,0	16,2	8,5	16,6
26.–31.	12,6	23,5	13,4	23,8	13,2	26,9	26.–30.	7,0	16,2	7,4	16,6	6,8	16,8
Monat:	12,2	**23,6**	12,4	**23,8**	12,0	**26,9**	Monat:	7,0	**26,7**	7,4	**26,7**	6,8	**26,6**

1881.

Mittlere Morgen- und Abendtemperaturen.

April.

Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.–5.	3,52	7,26	3,50	7,32	2,90	7,78
6.–10.	5,24	9,50	5,24	9,56	4,74	10,12
11.–15.	6,32	12,84	6,56	13,12	6,26	13,04
16.–20.	7,12	13,84	7,48	13,98	6,10	14,46
21.–25.	4,44	9,56	4,74	9,72	3,14	9,60
26.–30.	4,68	9,70	4,62	9,88	3,28	10,32
Mittel:	5,22	**10,45**	5,36	**10,59**	4,40	**10,88**

Mai.

Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.–5.	8,60	15,08	8,09	16,59	7,86	16,10
6.–10.	8,48	16,72	8,94	17,50	7,52	17,48
11.–15.	5,40	10,32	5,40	10,60	4,56	11,08
16.–20.	9,86	19,22	10,26	19,74	9,10	20,16
21.–25.	11,72	17,02	12,10	17,24	11,18	17,92
26.–31.	11,68	17,46	11,87	17,37	11,33	18,93
Mittel:	9,37	**16,02**	9,52	**16,53**	8,68	**17,01**

Juni.

Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.–5.	12,70	23,56	13,54	23,66	12,72	24,52
6.–10.	11,58	15,12	11,90	15,22	10,94	15,66
11.–15.	10,08	15,56	10,26	15,50	10,02	16,88
16.–20.	14,14	21,30	14,56	21,66	14,08	22,62
21.–25.	17,28	26,08	17,56	26,24	17,40	26,80
26.–30.	15,76	21,16	16,00	20,68	15,64	23,68
Mittel:	13,59	**20,46**	13,97	**20,49**	13,47	**21,69**

Juli.

Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.–5.	15,76	26,48	16,34	26,38	16,08	27,88
6.–10.	18,02	24,72	18,62	24,54	17,92	24,64
11.–15.	16,10	27,82	16,20	26,76	15,86	28,12
16.–20.	19,78	30,88	20,04	30,04	19,52	30,92
21.–25.	18,38	25,38	18,48	24,78	18,24	26,16
26.–31.	15,48	24,04	15,62	22,84	15,02	24,62
Mittel:	17,19	**26,47**	17,49	**25,79**	17,04	**26,98**

August.

Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.–5.	17,62	26,80	17,86	25,78	17,26	26,98
6.–10.	18,96	26,28	18,90	25,58	18,62	26,20
11.–15.	16,10	21,20	16,00	20,42	15,82	21,12
16.–20.	14,00	19,60	14,06	18,48	13,90	19,94
21.–25.	16,16	22,64	16,20	21,58	15,76	22,76
26.–31.	13,93	19,01	14,13	18,83	13,72	20,24
Mittel:	16,06	**22,47**	16,15	**21,68**	15,78	**22,79**

September.

Datum	Kalksand		Lehm		Quarzsand	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.–5.	13,22	16,58	13,26	16,26	13,04	17,04
6.–10.	13,20	18,06	13,34	17,74	12,88	19,00
11.–15.	11,46	16,92	11,80	16,64	11,00	17,94
16.–20.	12,16	18,62	12,46	18,28	11,86	19,14
21.–25.	10,58	14,10	10,84	14,12	10,06	14,32
26.–30.	8,60	13,26	8,76	13,06	8,02	13,60
Mittel:	11,54	**16,26**	11,74	**16,02**	11,14	**16,84**

Bei Durchsicht dieser Zahlen ergiebt sich, daß die Minima der Bodentemperatur und die Morgentemperaturen bei dem Quarzsand am niedrigsten, bei dem Lehm am höchsten gelegen waren, während der Kalksand in dieser Beziehung in der Mitte stand. In Bezug auf die Maxima der Bodentemperatur und die Abendtemperaturen zeigten die drei Bodenarten in den Monaten Juli bis September das umgekehrte Verhalten, dagegen war der Kalksand in den Monaten April bis einschließlich Juni zur Zeit des täglichen Temperaturmaximums vergleichsweise die kälteste Bodenart.

Versuch IV. (1892).

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe.

April	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur: Lehm mit 16 % Kalk	Bodentemperatur: Lehm mit 8 % Kalk	Bodentemperatur: Lehm ohne Kalk	Bodentemperatur: Kohlens. Kalk (Marmor)	Bodentemperatur: Quarzsand	Temperaturschwankungen: Lehm mit 16 % Kalk	Temperaturschwankungen: Lehm mit 8 % Kalk	Temperaturschwankungen: Lehm ohne Kalk	Temperaturschwankungen: Kohlens. Kalk (Marmor)	Temperaturschwankungen: Quarzsand
1.—5	—	10,15	8,03	8,37	9,24	6,79	9,48	6,1	6,9	9,4	6,4	11,2
6.—10.	—	9,83	9,23	9,67	10,85	7,79	10,40	5,5	6,0	9,0	7,1	10,5
11.—15.	10,10	8,75	8,54	9,27	10,01	8,04	9,37	5,2	5,6	8,1	7,2	8,9
16.—20.	23,72	3,13	5,42	5,52	5,59	4,34	5,40	3,9	3,9	4,7	3,8	6,1
21.—25.	6,88	6,92	6,58	6,77	6,80	5,89	6,89	5,7	5,9	6,3	6,5	8,1
26.—30.	36,08	5,76	7,85	7,92	7,96	6,86	7,55	5,0	5,2	6,2	5,7	8,7
Mittel:	(76,78)	7,43	**7,60**	**7,92**	**8,40**	**6,61**	**8,18**	**5,23**	**5,58**	**7,28**	**6,11**	**8,91**

Witterung.

1. Fr. bew. u. r. M. schw. bew. u. r. Ab. kl. u. r.
2. Fr. u. Vorm. schw. bew. u. r. M. schw. W. Nachm. u. Ab. kl. u. r.
3. Fr. st. bew. u. r., am Tage kl. M. schw. W. Ab. r.
4. Kl. u. r.
5. Kl., fr. Rf., am Tage schw. W.
6. Meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. r.
7. Schw. bew. u. ver. Ab. u. N. kl. u. r.
8. Bis 10h a. m. kl. u. r., dann St. M. G. Nachm. meist kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
9. Fr. Rf., am Tage kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Fr. Rf., sonst kl. u. mst. W. Ab. schw. W. N. r.
11. Fr. Rf., am Tage thlw. bew. Nachm. G. Ab. u. N. abw. bew.
12. Fr. r. u. thlw. bew., dann abw. bew. Vorm. 10h G.
13. Fr. Rf., am Tage abw. bew. Nachm. G. Von 5h p. m. ab abw. R.
14. Bew. u. abw. schw. R. Ab. bew. u. r. N. meist kl.
15. Fr. Rf. u. nb. Vorm. schw. R. u. st. W. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. schw. bew. u. r. N. meist kl. u. r.
16. Fr. st. R. u. schw. bew. Vorm. abw. bew. u. schw. W. Nachm. bew. N. abw. R.
17. Bis 2 h p. m. abw. R. u. S., sowie schw. W., dann bew. u. r. Ab. schw. R. N. ver. u. r.
18. Fr. st. R. u. nb., am Tage ver. u. schw. W. Ab. bew. N. S.
19. Bis Nachm. S. u. schw. W., dann st. W. u. abw. H.
20. Abw. S. u. mst. W. Ab. bew. N. kl.
21. Fr. Rf. u. schw. W., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. bew. N. R.
22. Fr. R. u. schw. W. Vorm. abw. schw. R. Nachm. bew., dann ver.
23. Fr. bew., am Tage abw. bew. u. ver. W. N. thlw. kl.
24. Abw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. abw. bew.
25. Bis 1 h p. m. schw. bew. u. r., dann abw. R. u. schw. W. Ab. u. N. abw. st. R. u. st. W.
26. Fr. abw. R. u. mst. W., am Tage ver. Ab. bew. N. abw. bew.
27. Ab. bew. u. r. Ab. bew. N. thlw. bew.
28. Fr. nb., am Tage schw. bew. u. schw. W. Ab. G. N. G.-R. u. mst. W.
29. Bew. u. mst. W. N. S. u. r.
30. Fr. S. u. r., am Tage ab. S. u. R., sowie schw. W., ebenso Ab. u. N.

Mai	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	3,42	7,42	7,47	7,52	7,80	6,80	8,07	6,0	6,2	7,0	6,5	8,2
6.—10.	11,92	6,42	7,42	7,47	7,81	6,73	7,88	5,2	5,4	6,7	6,6	9,2
11.—15.	—	12,97	11,70	12,04	13,30	11,45	13,36	5,4	6,5	8,3	5,0	9,0
16.—20.	8,28	11,45	11,40	11,62	12,19	10,72	12,07	5,2	5,8	7,4	6,1	8,7
21.—25.	8,30	14,62	13,52	14,08	14,82	12,75	14,94	9,8	10,6	11,2	9,6	13,9
26.—31.	—	20,96	20,43	20,70	21,56	18,98	21,15	11,9	12,0	13,2	10,9	12,8
Mittel:	(31,92)	12,59	**12,26**	**12,51**	**13,19**	**11,49**	**13,17**	**7,25**	**7,75**	**8,96**	**7,45**	**10,30**

Witterung.

1. Bew. u. schw. W.
2. Bew. u. ver. W. N. thlw. bew. u. r.
3. Fr. Rf. u. nb. Vorm. schw. bew. Nachm. abw. bew. u. mst. W., ebenso Ab.
4. Bew., fr. r., am Tage abw. schw. W.
5. Bew. Vorm. schw. W. Nachm. mst. W., so auch Ab. N. R.
6. Bis 8 h a. m. R. u. schw. W., dann S. u. mst. W. Von M. ab abw. bew. u. st. W.
7. Bew. fr. r., am Tage ver. W., so auch Ab. u. N.
8. Bew., fr. r., am Tage ver. W. Ab. u. N. thlw. bew.
9. Fr. kl. u. r. Von 9 h a. m. ab abw. bew. u. ver. W. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
10. Bew., fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
11. Bew., fr. nb. u. schw. W. Vorm. r. Nachm. St. Ab. schw. W.
12. Bew., fr. mst. W., am Tage st. W. Ab. u. N. abw. bew.
13. Abw. bew. u. st. W. Ab. kl. u. schw. W. N. kl. u. r.
14. Meist kl., fr. r., am Tage schw. W. Ab. kl. Mn. bew.
15. Bis M. bew. u. schw. W., dann abw. bew. N. schw. R.
16. Bis 9 h a. m. abw. schw. R., dann abw. bew. u. mst. W. Nachm. schw. bew. u. st. W. Ab. u. N. meist kl. u. schw. W.
17. Bis M. bew., abw. schw. R. u. mst. W. Nachm. bew. u. st. W., so auch Ab. N. R.
18. Fr. abw. bew. u. mst. W. Vorm. G. mit schw. H., dann ver.
19. Abw. bew. Vorm. mst. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. r.
20. Abw. bew. u. schw. W. bis 4 h p. m., dann bew. Ab. u. N. abw. R.
21. Bis 7 h a. m. schw. R. u. W., dann bew. u. St.
22. F. u. Vorm. thlw. bew. u. st. W. dann kl. u. mst. W. Ab. r.
23. Vorm. thlw. schw. bew. u. schw. W. Nachm. G. Von 5—5½ h p. m. G.-R., dann abw. R.
24. Fr. r. u. bew., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
25. Kl., fr. r., am Tage schw. W., ebenso Ab. u. N.
26. Kl. fr. r., am Tage ver. W. Ab. u. N. r.
27. Kl., fr. r., sonst ver. W. Ab. r.
28. Bis 10 h a. m. schw. bew. u. r., dann kl. u. abw. schw. W.
29. Meist kl. u. ver. W. Ab. u. N. G.
30. Fr. abw. bew. u. schw. W., dann meist kl. u. st. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
31. Fr. schw. bew. u. mst. W., dann abw. bew. u. mst. W.

Juni	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16 % Kalk	mit 8 % Kalk	ohne Kalk			mit 16 % Kalk	mit 8 % Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	51,42	16,38	18,09	18,16	18,48	17,19	18,19	5,8	6,1	7,0	6,8	9,6
6.—10.	46,10	12,87	14,02	14,13	14,24	13,67	14,48	7,8	8,2	9,4	9,5	12,7
11.—15.	14,74	16,63	16,74	16,71	17,20	16,38	17,18	5,4	5,8	8,1	6,7	10,6
16.—20.	47,42	13,16	14,69	14,76	14,89	14,50	15,18	4,7	5,0	5,7	6,0	8,8
21.—25.	8,22	17,39	17,49	17,48	18,83	17,23	19,07	5,2	5,4	8,6	6,8	10,5
26.—30.	10,12	18,41	18,46	18,71	19,82	18,25	20,11	6,7	8,2	10,7	8,4	12,7
Mittel:	(178,02)	15,81	**16,58**	**16,65**	**17,24**	16,20	**17,36**	**5,93**	**6,45**	**8,25**	**7,36**	**10,81**

Witterung.

1. Bis $2^1/_2$ h p. m. bew. u. mst. W., dann R. u. r. Ab. bew. N. kl.
2. Meist kl. u. r.
3. Fr. bew. u. r., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. G. Von $7^1/_2$ h p. m. ab G.-R.
4. Bis 10 h a. m. meist bew., von da ab R. N. bew.
5. Bis M. abw. bew. u. r., dann abw. R. u. st. W.
6. Abw. R. u. schw. W.
7. Bis M. R. u. schw. W., dann abw. bew. N. abw. R.
8. Bis M. R. u. schw. W., dann thlw. bew. Ab. u. N. kl.
9. Fr. nb., am Tage meist bew. u. r. Ab. bew. N. abw. bew.
10. Abw. bew., fr. r., am Tage abw. W. N. kl.
11. Meist kl. u. schw. W.
12. Fr. G. u. mst W. Am Tage abw. G. mit schw. R. u. ver. W. N. abw. bew.
13. Thlw. bew. bis 11 h a. m. Von da bis 12 h G.-R. u. mst. W., dann bew. Von 3 h p. m. ab abw. R. u. mst. W.
14. Bew. u. mst. W., thlw. schw. R. N. abw. st. R.
15. Fr. nb. u. r. Vorm. abw. R. Nachm. bew. u. r. N. R.
16. Fr. u. Vorm. nb. u. r. Nachm. bew. u. schw. W. Von $5^1/_2$ h p. m. ab abw. st. R.
17. Fr. nb. u. r., am Tage bew. u. r. Ab. bew. u. schw. W. N. bew. u. r.
18. Bis $5^1/_2$ h p. m. bew., dann G.-R. u. mst. W.
19. Bis M. bew., dann bis 4 h p. m. schw. R., darauf bew. N. abw. bew.
20. Meist bew. u. r. Ab. G. N. G.-R.
21. Thlw. bew. u. schw. W. N. bew. u. thlw. R.
22. Ab. bew. u. schw. W.
23. Fr. u. Vorm. schw. bew. u. schw. W. Nachm. bew. Ab. u. N. R.
24. Fr. bew. u. schw. W., dann thlw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
25. Fr. nb. u. r., am Tage meist bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. R. u. mst. W.
26. Bis M. abw. R. u. mst. W., dann bew. u. mst. W. Ab. u. N. bew.
27. Ab. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
28. Kl., fr. r., Vorm. mst. W. Nachm. st. W. A. u. N. r.
29. Meist kl. u. schw. W. A. u. N. G.
30. Abw. bew. u. st. W. Ab. thlw. bew. u. r. N. kl.

Juli	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	37,78	17,04	18,71	20,13	20,85	19,12	20,66	8,0	11,7	12,0	14,4	13,2
6.—10.	4,34	19,22	19,32	19,40	20,66	18,96	21,01	7,8	8,7	11,6	9,2	13,1
11.—15.	28,30	16,30	19,00	19,02	19,49	18,33	19,24	7,4	7,8	9,9	8,8	12,7
16.—20.	38,42	13,99	16,20	16,21	16,27	15,84	16,52	5,6	5,8	6,4	7,1	9,5
21.—25.	47,38	14,09	15,91	15,94	16,66	15,95	17,15	6,0	6,0	8,2	7,0	10,4
26.—31.	—	18,20	18,48	19,12	20,51	18,56	20,58	7,5	9,4	9,2	9,3	11,0
Mittel:	(156,22)	16,53	**17,95**	**18,33**	**19,12**	**17,81**	**19,23**	**7,21**	**8,23**	**9,55**	**9,30**	**11,65**

Witterung.

1. Meist kl., fr. r., am Tage abw. W. Ab. r.
2. Meist kl. u. ver. W. Ab. r.
3. Kl. u. r. Gegen Ab. schw. W. N. r.
4. Bis 4 h p. m. meist kl., dann G. Von 5 1/2 h p. m. ab. st. G.-R. u. St.
5. Fr. schw. R. u. schw. W. Vorm. st. R. Nachm., Ab. u. N. abw. bew.
6. Fr. ver. u. schw. W. Am Tage abw. R. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew.
7. Meist kl. u. mst. W. Ab. r.
8. Thlw. schw. bew. u. mst. W. Ab. kl. N. abw. bew.
9. Bis M. schw. bew. u. r., dann thlw. bew. u. schw. W.
10. Fr. r., dann mst. W. u. thlw. bew. Nachm. G. Von 9 1/2 h p. m. ab st. G.-R. u. st. W.
11. Abw. bew. u. schw. W. Von 5 h p. m. ab kl. u. r.
12. Bis Nachm. 4 h kl. u. schw. W., dann thlw. bew. u. G. Ab. u. N. G.-R.
13. Bis 10 h a. m. bew. u. mst. W., dann bis 5 h p. m. abw. schw. R. u. schw. W., dann bew. u. r.
14. Fr. bew. u. r. Vorm. G. M. G.-R. Nachm. bew. u. schw. W. N. abw. R.
15. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. schw. u. st. R. Ebenso Ab. u. N.
16. Meist kl. u. schw. W.
17. Bis M. schw. bew. u. r., dann bew. u. abw. R.
18. Abw. st. R. Ab. bew. N. abw. bew.
19. Bis 5 h p. m. meist kl. u. schw. W., dann bis 6 h p. m. G.-R. Ab. abw. bew. u. R.
20. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. schw. R., sowie schw. W. N. R.
21. Bis M. R., dann bis 4 1/2 h bew. Von da ab st. G.-R. N. bew.
22. Fr. bew. u. r. Am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl.
23. Fr. bis 9 h nb., dann abw. bew.
24. Meist kl., am Tage schw. W. Ab. r.
25. Meist kl. u. schw. W. Ab. r.
26. Meist kl., am Tage thlw. schw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. r.
27. Kl. u. ver. W.
28. Fr. nb. u. schw. W., dann thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
29. Kl. u. schw. W. Nachm. G. N. thlw. bew.
30. Thlw. schw. bew. u. r. Ab. G. N. abw. bew.
31. Abw. bew., fr. r., am Tage schw. W. Nachm. G. Ab. u. N. schw. bew.

August	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	7,20	14,84	17,35	17,70	17,95	16,97	17,98	6,3	7,3	8,1	7,6	9,1
6.—10.	14,94	17,55	18,11	18,97	19,34	18,93	19,42	6,8	8,0	8,6	10,8	11,0
11.—15.	2,00	18,50	18,46	18,92	19,57	18,98	19,82	7,7	9,8	11,1	13,0	13,3
16.—20.	—	24,62	23,79	24,56	25,19	25,47	25,10	8,4	7,8	7,9	10,5	10,3
21.—25.	10,00	21,01	22,94	23,16	23,37	23,34	23,85	7,7	8,6	8,3	10,3	9,3
26.—31.	1,74	18,62	20,95	21,05	21,25	21,27	21,40	8,9	8,7	9,1	11,3	10,5
Mittel:	(35,88)	19,17	20,29	20,73	21,11	20,84	21,27	7,63	8,36	8,85	10,58	10,58

Witterung.

1. Abw. bew. u. ver. W. Ab. G.-R. N. abw. R.
2. Fr. bew. u. schw. W. Vorm. abw. R. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. schw. R. N. bew.
3. Bis M. abw. schw. R. u. mst. W., dann bew. u. mst. W.
4. Fr. u. Vorm. bew. u. schw. W., dann thlw. bew. Ab. u. N. kl.
5. Abw. bew., fr. r. Vorm. ver. W. Nachm. r. N. kl.
6. Bis 9 h a. m. nb. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. G.
7. Abw. bew. u. ver. W. N. kl.
8. Meist kl. u. abw. schw. W.
9. Bis 10 h a. m. abw. bew. u. st. W., darauf bis 11 h schw. R., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. G. N. G.-R.
10. Fr. abw. bew. u. r., am Tage abw. schw. R. Von 4 h p. m. an st. R. Ab. u. N. schw. R.
11. Fr. nb. u. r., am Tage bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
12. Fr. nb., am Tage thlw. schw. bew. u. abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Kl., fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
14. Bis M. meist kl. u. schw. W. M. G. Nachm. abw. bew. Ab. u. N. kl.
15. Bis M. kl. u. r., dann meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
16. Kl., fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
17. Kl., u. meist mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
18. Kl., fr. u. Vorm. r. Nachm. mst. W. Ab. u. N. schw. W.
19. Bis 2 h p. m. kl. u. r., dann kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. schw. W.
20. Kl., bis Nachm. schw. W. Ab. G. N. kl.
21. Bis Ab. kl. u. thlw. schw. W., dann G. Von 8 h p. m. an G.-R.
22. Abw. schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. ver. W.
23. Thlw. bew., am Tage mst. W. Von Ab. ab r.
24. Kl., fr. r., dann mst. W.
25. Bis 2 h p. m. schw. bew. u. st. W., dann bew. Von 4½ h p. m. bis Ab. G. u. St. N. abw. bew. u. schw. W.
26. Bis 10 h a. m. abw. bew. u. mst. W., dann G. u. abw. R. bis 3 h p. m., dann abw. bew. u. mst. W. N. kl.
27. Fr. u. Vorm. meist kl. u. schw. W. Nachm. abw. bew., ebenso Ab. u. N.
28. Meist kl. u. schw. W.
29. Abw. schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. meist kl.
30. Kl. u. ver. W. Ab. u. N. r.
31. Fr. kl. u. schw. W., dann bis 2 h. p. m. thlw. bew., hierauf G. Von 3 h. an schw. R. u. St., später bew. Ab. u. N. kl.

Septbr.	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm mit 16 % Kalk	Lehm mit 8 % Kalk	Lehm ohne Kalk	Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm mit 16 % Kalk	Lehm mit 8 % Kalk	Lehm ohne Kalk	Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
1.— 5.	74,38	12,91	15,99	16,07	16,07	15,47	15,76	7,4	7,6	7,9	8,8	7,7
6.—10.	70,62	8,50	10,63	10,69	10,70	10,25	10,70	3,1	3,3	3,6	4,5	5,4
11.—15.	—	15,61	14,95	15,01	15,63	15,16	16,25	10,4	10,4	12,2	12,6	14,4
16.—20.	23,74	15,66	16,35	16,35	17,04	16,32	17,26	5,6	5,8	7,7	7,2	9,8
21.—25.	33,88	16,87	17,06	17,06	17,22	17,08	17,44	4,4	4,6	4,8	5,8	6,6
26.—30.	3,30	15,90	16,87	16,84	17,11	16,67	17,35	4,6	4,8	6,0	5,9	8,3
Mittel:	(205,92)	14,24	**15,30**	**15,33**	**15,62**	**15,16**	**15,79**	**5,90**	**6,08**	**7,03**	**7,48**	**8,70**

Witterung.

1. Bew. u. abw. R. Ab. abw. bew. N. kl.
2. Kl. u. ver. W. Ab. u. N. r.
3. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. abw. R.
4. Abw. st. R. u. r.
5. St. R. u. r.
6. Bis M. mst. R., dann bis 5 h p. m. schw. R., dann st. R. Ab. schw. R. N. st. R.
7. R. u. r.
8. Bis 10 h a. m. schw. R., dann bew. u. schw. W. Ab. schw. R. N. bew.
9. Bew., am Tage abw. schw. R. u. ver. W. Ab. u. N. abw. R.
10. Bis Nachm. schw. R., nb. u. r., dann bew. Nachm. schw. W. Ab. r. N. kl.
11. Meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
12. Bis M. schw. bew. u. schw. W., dann thlw. schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Kl. u. r.
14. Meist kl. u. schw. W. N. r.
15. Kl. u. r.
16. Bis 10 h a. m. schw. bew. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
17. Thlw. schw. bew. Ab. G. N. abw. st. R.
18. Bis 10 h a. m. R., dann Aufklaren Ab. kl. N. bew.
19. Bis M. nb. u. r., dann meist kl. Ab. u. N. kl.
20. Kl. u. r.
21. Thlw. schw. bew., fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. bew.
22. Fr. R. u. r., am Tage abw. schw. R. Ebenso Ab. u. N.
23. Fr. R. u. r. M. H. Nachm. abw. bew u. r. Ab. kl. N. abw. R.
24. Bis M. schw. bew. u. ver. W., dann G. Von 2—2½ h p. m. st. G.-R., später bew. u. schw. W. Ab. abw. bew. N. abw. R.
25. Abw. bew. u. schw. W. Ab. kl. u. r. N. schw. bew.
26. Bis 9 h a. m. nb. u. r., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
27. Kl. u. r.
28. Meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew. u. ver. W.
29. Bis 10 h a. m. bew. u. mst. W., dann abw. R. Ab. schw. bew. N. abw. bew.
30. Bis 8 h a. m. bew. u. schw. R., dann bew. u. ver. W. Ab. abw. st. R. N. abw. bew.

Versuch V (1898).

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe.

April	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16 % Kalk	mit 8 % Kalk	ohne Kalk			mit 16 % Kalk	mit 8 % Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	—	8,34	7,10	7,26	8,64	7,45	8,81	5,2	5,9	7,2	8,0	8,9
6.—10.	—	7,58	7,75	8,05	9,33	8,68	9,49	4,2	5,1	6,5	7,7	7,2
11.—15.	—	5,38	8,18	8,36	9,59	8,58	9,55	4,6	5,7	6,6	8,0	7,4
16.—20.	—	10,01	9,45	9,84	11,08	10,72	11,08	5,6	6,9	8,1	9,7	8,1
21.—25.	—	12,01	11,97	12,61	13,87	13,68	13,75	6,0	7,3	9,1	9,8	8,6
26.—30.	0,30	13,92	14,22	15,08	16,28	15,90	15,91	6,2	7,5	8,4	10,2	7,8
Mittel:	(0,30)	9,54	**9,78**	**10,20**	**11,46**	**10,83**	**11,43**	**5,30**	**6,40**	**7,65**	**8,90**	**8,00**

Witterung.

1. Fr. Frst. u. kl. Am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
2. Fr. Frst. Am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
3. Kl., fr. Frst.
4. Kl., fr. Frst.
5. Fr. Rf., bis Nachm. 4 h kl., dann schw. bew. N. kl.
6. Kl., am Tage schw. W. N. r.
7. Fr. Rf., am Tage kl. u. schw. W. N. kl. u. r.
8. Fr. Rf., dann bis 9 h a. m. kl., später abw. bew. Ab. bew. N. kl. u. schw. W.
9. Fr. Rf. u. schw. W., am Tage meist kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. schw. W.
10. Fr. Rf., am Tage kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
11. Fr. Frst. u. nb., dann kl. u. r.
12. Abw. schw. bew., fr. r., am Tage ver. W. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Fr. Frst., am Tage thlw. bew. u. mst. W. N. kl. u. r.
14. Fr. Frst., am Tage meist kl. u. schw. W. N. kl.
15. Fr. Frst., am Tage meist schw. bew. N. meist kl.
16. Bis 3 h p. m. thlw. schw. bew., dann bew. u. schw. W. N. meist kl.
17. Bis 11 h a. m. abw. bew. u. schw. W., dann bew. u. mst. W.
18. Bis Nachm. bew., dann kl. Vorm. u. Nachm. schw. W. N. r.
19. Thlw. bew. u. abw. schw. W.
20. Bis M. thlw. schw. bew. u. r. Nachm. bew. u. schw. W. N. abw. bew.
21. Bis M. abw. bew. u. schw. W. Von 12—2 h G. u. mst. W., dann abw. bew. N. mehr kl.
22. Fr. schw. bew. u. r. Am Tage kl. u. schw. W. Ebenso Ab. u. N.
23. Kl., fr. r., dann bis Ab. mst. W. N. r.
24. Fr. Rf. u. r., am Tage thlw. schw. bew. u. abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
25. Kl. u. r.
26. Bis M. kl. u. r., dann thlw. bew. u. schw. W., gegen Ab. G., dann bew.
27. Fr. bew. u. schw. W. Von 9 h a. m. bis 3 h p. m. kl. u. ver. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
28. Bis Nachm. meist kl. Nachm. thlw. bew. u. st. W. N. kl. u. r.
29. Thlw. schw. bew. u. schw. W. Ab. abw. bew. N. kl.
30. Bis M. meist kl. Nachm. G. Von 5 h p. m. ab bew. Ab. u. N. abw. bew.

Mai	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk		
1.—5.	5,78	9,76	12,27	12,75	13,36	12,91	13,30	5,6	7,4	8,9	10,1	9,1
6.—10.	7,98	5,49	8,83	8,84	9,10	8,74	9,27	4,4	4,8	5,3	6,6	7,7
11.—15.	0,74	12,86	12,57	12,95	13,89	13,52	14,12	9,3	11,1	12,9	13,6	14,5
16.—20.	3,70	15,71	16,47	16,88	17,72	17,34	17,62	5,2	6,5	7,9	8,6	8,9
21.—25.	28,24	16,65	15,92	16,55	17,53	17,07	17,58	8,0	9,6	10,2	11,9	12,4
26.—31.	28,38	12,03	13,76	13,70	14,12	13,79	14,84	7,2	7,5	9,0	9,0	13,0
Mittel:	(74,82)	12,08	13,31	13,61	14,28	13,87	14,47	6,61	7,81	9,03	9,97	10,93

Witterung.

1. Abw. bew. u. meist. mst. W. Gegen Ab. kl. Nr. r.
2. Meist kl., fr. r. Nachm. schw. W.
3. Fr. nb. u. r. Von 8 h a. m. bew. Von 9½ h a. m. bis 4 h p. m. schw. R. u. schw. W., dann bew. u. mst. W. N. schw. R.
4. Meist. schw. bew. Ab. u. N. thlw. kl.
5. Fr. nb. Am Tage schw. bew. u. ver. W. Von 3—4 h p. m. schw. R. Ab. schw. R. N. thlw. kl.
6. Fr. Rf. Am Tage thlw. bew., mst. W. u. abw. S. Ab. u. N. bew.
7. Bew. u. schw. W. Am Tage, Ab. u. N. thlw. schw. R.
8. Nb. u. schw. bew. Vorm. thlw. S. Nachm. schw. R. Ab. u. N. bew.
9. Nb. u. abw. bew., fr. schw. W. Am Tage st. W. Ab. u. N. abw. bew.
10. Fr. bew. u. bis 8 h a. m. schw. R., dann bew. u. r. N. abw. bew. u. schw. R.
11. Fr. bew. u. schw. W. Am Tage thlw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
12. Bis 10 h a. m. abw. bew. u. r., dann G. u. schw. W. Nachm. thlw. bew. Ab. u. N. kl.
13. Abw. schw. bew. Fr. r. Am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
14. Kl. Bis 5 h p. m. r., dann mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
15. Meist kl. Fr. r. Von M. ab schw. W. Ab. u. N. bew. u. r.
16. Bis 7½ h a. m. bew. u. r., dann bis 9 h a. m. schw. R. Vorm. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. abw. bew. u. r. N. kl.
17. Meist kl. u. r. Ab. G. N. schw. G.-R.
18. Fr. bew. Vorm. abw. bew. Von M. ab G. u. thlw. schw. R. Ab. u. N. thl. schw. R.
19. Vorm. bew. u. schw. W. Nachm. abw. bew. Ebenso Ab. u. N.
20. Bis Nachm. bew. u. schw. W., dann thlw. kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
21. Meist kl. Vorm. schw. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
22. Kl. Vorm. r. Nachm. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
23. Vorm. meist kl. u. r. Nachm. thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. r.
24. Von 7 h a. m. ab bew. u st. W. Um 9 h a. m. schw. R. Von M. ab abw. st. R. Ab. u. N. R.
25. Abw. R. u. schw. W. Ab. st. R. N. bew.
26. Bis Nachm. 3 h abw. R. u. schw. W., dann G. Von 4—4¼ h p. m. st. G.-R., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. R.
27. Bis 9 h a. m. abw. R. u. r., dann bew. u. schw. W. Ab. thlw. schw. R. N. abw. bew.
28. Vorm. thlw. bew. u. r. Nachm. schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew.
29. Thlw. bew., bis M. r. Nachm. schw. W. N. kl.
30. Bis M. meist kl. u. r., dann G. Von 4—5 h p. m. schw. G.-R. Ab. u. N. meist bew.
31. Abw. R. Fr. r., am Tage schw. W. N. abw. schw. R.

Juni	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16 % Kalk	mit 8 % Kalk	ohne Kalk			mit 16 % Kalk	mit 8 % Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	11,18	11,93	13,11	12,95	13,67	12,90	14,25	4,8	5,2	7,6	6,9	11,4
6.—10.	6,24	14,88	14,74	14,68	15,98	14,94	16,83	7,1	7,2	11,1	8,8	12,5
11.—15.	2,42	15,02	16,14	16,77	18,39	17,11	18,63	6,8	9,0	9,8	11,9	12,5
16.—20.	1,24	19,15	19,77	20,52	21,79	21,55	21,97	10,3	10,6	10,9	12,9	11,9
21.—25.	38,38	15,88	17,55	17,55	17,99	17,47	18,54	4,8	4,7	5,3	6,6	10,0
26.—30.	15,78	18,92	18,48	18,45	19,59	18,74	20,35	9,0	9,0	12,4	11,1	14,8
Mittel:	(75,24)	15,96	**16,63**	**16,82**	**17,90**	**17,11**	**18,42**	**7,13**	**7,61**	**9,52**	**9,70**	**12,18**

Witterung.

1. Bis 8h a. m. abw. bew. u. schw. R., dann abw. bew. N. kl.
2. Kl. Am Tage mst. W. N. r.
3. Thlw. schw. bew. Fr. r. Am Tage schw. W. u. abw. schw. R. N. thlw. kl.
4. Bis M. meist kl. u. r., dann G. u. mst. W. Von 4—4½h p. m. schw. R. Ab. st. G.-R. N. abw. bew.
5. Bis M. abw. bew. u. schw. W., dann bis 1h p. m. thlw. schw. R., später abw. bew. Ab. schw. R. N. abw. R.
6. Fr. R. u. r. Am Tage abw. schw. R. Ebenso Ab. u. N.
7. Schw. bew. u. schw. W.
8. Abw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
9. Fr. kl. u. r., am Tage abw. bew. u. thlw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Bis Nachm. 5h meist kl. u. r., dann thlw. bew. Ab. u. N. G. u. schw. W.
11. Thlw. kl. u. schw. W. Ab. u. N. meist bew. u. r.
12. Bis M. bew., fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. G. u. r. Ab. u. N. abw. schw. G.-R.
13. Thlw. bew. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
14. Meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. r.
15. Bis 3h p. m. meist kl. u. r., dann G. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
16. Fr. nb. u. r., dann meist kl. u. r. Nachm. mst. W. u. G. Ab. schw. G.-R., dann kl.
17. Kl. Fr. r., am Tage thlw. schw. W. Ab. u. N. r.
18. Kl. u. r., nur von 10h an bis 1h p. m. mst. W.
19. Meist kl. Bis M. r. Nachm. schw. W. Ab. u. r.
20. Bis 9h a. m. schw. bew. u. r., dann abw. bew. u. st. W. Nachm. G. Ab. u. N. r. u. schw. R.
21. Fr. schw. R. u. r. Vorm. st. R. Nachm. u. Ab. bew. u. r. N. abw. bew.
22. Abw. bew. Ab. kl. N. thlw. bew.
23. Bew. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. G., abw. R. u. mst. W.
24. Bis 7h a. m. R., dann abw. bew. u. abw. st. W. N. r.
25. Fr. bew. u. schw. W. Am Tage abw. schw. R. u. mst. W. Von 5h p. m. ab abw. bew. u. r.
26. Abw. bew. Von 5h p. m. ab abw. schw. R.
27. Bis 10h a. m. abw. schw. R. u. r., dann bew. Nachm. schw. bew. N. abw. bew.
28. Kl. u. r. Ab. u. N. G.
29. Meist kl. u. abw. schw. W. Am Tage, Ab. u. N. G.
30. Fr. thlw. bew. u. r. Von 6½—6¾h a. m. st. G.-R., dann G.-R. bis 8½h a. m. Bis M. G. u. schw. W., später abw. bew. Nachm. schw. W. Ab. u. N. r.

Juli	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	1,10	20,24	20,57	20,75	22,46	21,28	22,97	5,2	6,3	8,8	9,0	11,4
6.—10.	35,42	19,65	20,25	21,02	21,87	21,52	22,24	7,1	8,0	8,9	11,0	11,5
11.—15.	42,38	16,53	18,28	18,28	18,37	18,12	18,74	5,8	6,0	6,2	6,7	9,1
16.—20.	15,24	15,85	16,62	16,59	16,99	16,70	17,97	6,8	7,0	9,4	9,3	12,9
21.—25.	7,12	18,74	19,31	19,30	20,61	19,54	21,12	5,9	6,2	9,5	8,6	11,4
26.—31.	114,44	15,44	17,64	17,56	18,13	17,64	18,04	6,5	6,7	7,6	7,7	8,9
Mittel:	(215,70)	17,65	**18,74**	**18,87**	**19,68**	**19,09**	**20,11**	**6,21**	**6,70**	**8,40**	**8,71**	**10,86**

Witterung.

1. Kl. u. meist r.
2. Kl. Ab. u. N. G.
3. Thlw. bew. u. G. Ab. schw. G.-R. N. meist kl.
4. Meist kl. u. G. Ab. u. N. kl. u. r.
5. Bis 5 h p. m. kl. u. r., dann G.-R. N. bew. u. r.
6. Abw. bew. u. G. Vorm. u. Nachm. schw. W. Ab. schw. G.-R. N. thlw. bew. u. r.
7. Kl. u. meist r.
8. Kl., fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
9. Thlw. bew. u. abw. G., fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. mst. W. Ab. st. G.-R. N. meist bew.
10. Ab. bew. u. nb. Ab. u. N. schw. bew.
11. Bis Nachm. schw. bew. u. ver. W. Von 4—5 h p. m. schw. G.-R., dann bis 7 h schw. R., später kl.
12. Meist kl. u. schw. W. u. abw. schw. G.-R. Ab. u. N. abw. R.
13. Bis 7 h a. m. bew. u. abw. schw. R., dann abw. bew. u. r. N. schw. bew. u. r.
14. Bis 10 h a. m. ver. u. r., dann G. Von 2—4 h p. m. st. G.-R., dann bew. N. R.
15. Bis 8 h a. m. R. u. r., dann ver. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
16. Bis M. abw. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. G. u. mst. W. N. R.
17. Bis 7 h a. m. schw. R. u. schw. W., dann bew. Von 11—11½ h a. m. st. G.-R. u. st. W., dann abw. bew. N. R. u. mst. W.
18. Vorm. abw. st. R. u. st. W. Nachm. abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. ver. u. schw. W.
19. Ver. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. r.
20. Kl. u. r. Ab. G. N. schw. G.-R.
21. Ab. bew. u. G. Fr. r. Nachm. schw. W. Ab. u. N. schw. G.-R.
22. Abw. bew. u. schw. R., meist r. N. schw. R. u. schw. W.
23. Bis 8 h a. m. schw. R. u. schw. W. Vorm. bew. Nachm. thlw. kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
24. Meist kl. u. r.
25. Bis 9 h a. m. thlw. bew. u. r., dann meist kl. u. r. N. schw. G.-R.
26. Fr. abw. schw. R. u. schw. W. Am Tage ver. N. G.-R.
27. Abw. bew. u. r. Nachm. G. Um 4 h p. m. schw. R. u. mst. W. Ab. u. N. abw. st. R.
28. Bew., nb. u. r. N. schw. R.
29. Fr. R. u. schw. W., am Tage abw. st. R. u. mst. W. Ab. R. u. r. N. bew. u. r.
30. Fr. schw. bew. Am Tage ver. Ab. R. N. bew.
31. Bew., abw. R. u. schw. W. Ab. u. N. ver.

August	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur					Temperaturschwankungen				
			Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Lehm			Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk			mit 16% Kalk	mit 8% Kalk	ohne Kalk		
1.— 5.	15,28	15,43	16,54	16,63	17,42	16,78	18,09	8,2	8,5	11,2	11,8	14,6
6.—10.	11,74	15,51	17,03	17,14	17,88	17,17	18,68	6,9	7,3	10,2	9,3	12,7
11.—15.	—	17,98	19,08	19,45	21,24	19,73	21,32	5,6	7,0	7,9	10,0	9,2
16.—20.	—	21,09	20,69	22,30	23,25	22,89	23,10	8,1	9,4	9,6	12,6	10,1
21.—25.	12,50	21,50	22,38	23,22	23,89	23,78	23,90	6,8	8,4	9,3	11,5	10,5
26.—31.	14,24	13,35	16,49	16,73	17,20	16,72	17,63	6,9	7,9	8,9	10,5	10,7
Mittel:	(53,76)	17,34	**18,63**	**19,16**	**20,05**	**19,42**	**20,36**	**7,08**	**8,08**	**9,51**	**10,95**	**11,30**

Witterung.

1. Vorm. ver. u. schw. W. Von 12—1h p. m. schw. R. u. mst. W., dann abw. bew. u. mst. W. N. meist kl. u. r.
2. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. G. N. schw. R.
3. Bis 9h a. m. schw. bew. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Nachm. thlw. kl. Ab. kl.
4. Kl. u. r. Ab. G. N. schw. R.
5. Fr. R. u. r., am Tage abw. st. R. Ab. u. N. bew.
6. Fr. bew. Vorm. abw. bew. Nachm. G. mit st. R. Ab. u. N. abw. G.-R.
7. Thlw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl.
8. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
9. Meist kl. u. r. Ab. G. N. meist kl.
10. Abw. kl. u. bew. Ab. u. N. kl.
11. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. kl. N. schw. bew.
12. Fr. schw. bew. u. r. Vorm. abw. bew. Von 2—3h p. m. G., dann abw. bew. N. G.
13. Fr. kl. u. r. Von 10h a. m. ab abw. bew. u. G. N. kl.
14. Bis 10h a. m. kl. u. r., dann thlw. bew. u. schw. W. Ab. kl. u. r.
15. Meist kl. u. schw. W. N. kl. u. r.
16. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
17. Bis 4h p. m. meist kl. u. r., dann schw. bew. Ab. G. N. kl.
18. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
19. Kl. u. r., thlw. G. N. meist kl.
20. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. u. thlw. G. N. kl.
21. Thlw. schw. bew. u. G. N. mst. W. u. schw. G.-R.
22. Meist schw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. thl. bew.
23. Abw. kl. u. bew. Fr. r., am Tage ver. W. N. meist kl.
24. Fr. schw. G.-R. u. r., dann G. u. st. W. Ab. st. G.-R. N. meist bew.
25. Thl. kl. u. bew. Fr. schw. W., ebenso am Tage. Ab. u. N. meist bew. u. r.
26. Schw. bew. u. r. Ab. u. N. bew. u. r.
27. Fr. bew., dann abw. st. R.
28. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.
29. Kl. Fr. u. Vorm. r. Nachm. mst. W. Ab. u. N. r.
30. Bis 4h p. m. kl. u. r., dann schw. bew. u. schw. W. Ab. kl. N. schw. bew.
31. Bis 10h a. m. schw. bew. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. bew. u. r. N. abw. schw. R.

Septbr.	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur Lehm mit 16 % Kalk	Lehm mit 8 % Kalk	Lehm ohne Kalk	Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand	Temperaturschwankungen Lehm mit 16 % Kalk	Lehm mit 8 % Kalk	Lehm ohne Kalk	Kohlens. Kalk (Marmor)	Quarzsand
1.— 5.	22,54	11,55	14,86	14,94	15,05	14,75	15,40	5,7	5,8	6,6	7,9	9,7
6.—10.	18,08	15,96	15,75	15,80	16,16	15,74	16,53	4,6	4,7	5,7	6,3	7,8
11.—15.	—	14,73	15,15	15,19	16,21	15,44	16,61	6,4	6,7	8,8	9,9	9,9
16.—20.	18,24	14,97	15,48	15,54	16,13	15,84	16,07	6,6	6,9	9,9	11,9	11,7
21.—25.	28,12	10,92	13,21	13,25	13,24	13,08	13,28	6,9	7,1	7,6	9,1	10,0
26.—30.	2,74	11,70	12,17	12,28	12,36	12,34	13,05	4,5	4,6	5,3	6,9	8,0
Mittel:	(89,72)	13,30	**14,43**	**14,50**	**14,86**	**14,53**	**15,15**	**5,78**	**5,96**	**7,31**	**8,66**	**9,51**

Witterung.

1. Bis 9h a. m. R. u. r., dann bew. A. u. N. ver.
2. Bis M. bew. u. r., dann bis 4h p. m. R. u. schw. W., später abw. R.
3. Bis 9h a. m. abw. st. R., dann bew. u. schw. W. N. thlw. kl. u. r.
4. Kl. u. r.
5. Kl. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. r.
6. Meist kl., nur thlw. schw. bew. Ab. bew. u. wie N. abw. schw. R.
7. Bew. u. meist st. W. Ab. u. N. schw. W. u. meist bew.
8. Bis 9h a. m. meist bew. u. schw. W., dann abw. schw. R. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. st. G.-R.
9. Bis 8h a. m. abw. st. R., dann meist bew. u. st. W., thlw. St. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Ver., schw. bew. u. r.
11. Fr. abw. bew. u. r. Am T. schw. bew. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
12. Fr. schw. bew. u. schw. W. Am Tage meist kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Meist kl. Fr. r. Am Tage schw. bew. N. thlw. schw. bew. u. schw. W.
14. Abw. bew. Fr. mst. W. Am Tage st. W. Ab. u. N. bew. u. r.
15. Kl. u. r.
16. Meist kl. Fr. r. Am Tage abw. mst. W. Ab. thlw. bew. N. bew. u. r.
17. Abw. bew. Fr. r. Vorm. schw. W. u. G., abw. schw. R. Nachm. bew. u. mst. W. N. St.
18. Bis M. st. R. u. st. W., dann bew. u. r. Ab. u. N. thlw. kl.
19. Fr. kl. u. r. Vorm. thlw. bew. u. schw. W., dann meist kl. u. r.
20. Bis M. thlw. schw. bew. u. r., dann meist bew. u. mst. W. Von 5h p. m. bis Ab. R. N. abw. bew. u. r.
21. Fr. bew. u. mst. W. Am Tage abw. bew. u. r. Ab. G. N. G.-R.
22. Fr. bew. u. r. Am Tage abw. R. u. ver. W. Ab. u. N. abw. R.
23. Bis 8h a. m. abw. schw. R. u. r., dann bew. u. ver.
24. Bis 9h a. m. bew. u. r., dann schw. R. Ab. u. N. st. R.
25. Fr. r. u. kl. Am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl.
26. Fr. bew. u. r. Am Tage thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. meist kl.
27. Ab. bew. u. r. N. bew. u. mst. W.
28. Bis 7h a. m. schw. R. u. st. W., dann abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
29. Bis M. schw. bew. u. r., dann thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
30. Bis 4h p. m. kl. u. r., dann schw. bew. u. schw. W.

Versuch VI (1894). Bodentemperatur in 15 cm Tiefe.

April	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand mit Kalk	Quarzsand ohne Kalk	Lehm mit Kalk	Lehm ohne Kalk	Torf mit Kalk	Torf ohne Kalk	Temperaturschwankungen Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand mit Kalk	Quarzsand ohne Kalk	Lehm mit Kalk	Lehm ohne Kalk	Torf mit Kalk	Torf ohne Kalk
1.— 5.	—	8,64	8,21	7,48	7,85	8,48	9,27	8,92	9,13	7,79	7,76	8,6	6,8	4,6	9,2	7,4	6,6	5,2	1,7	1,8
6.—10.	—	10,03	10,38	8,92	9,44	10,04	10,79	10,43	10,48	9,30	9,09	9,6	7,4	5,4	10,1	7,9	6,8	5,6	1,9	1,9
11.—15.	2,50	11,20	12,39	11,09	11,97	11,96	12,62	12,18	12,27	10,90	10,85	10,8	9,4	7,3	11,3	9,8	7,6	6,8	3,5	3,8
16.—20.	11,20	9,98	11,11	10,63	11,49	11,20	11,40	11,11	11,39	11,30	11,48	9,5	8,0	6,7	9,1	9,4	7,6	7,0	3,1	3,0
21.—25.	18,75	9,83	9,61	9,68	9,90	10,02	10,22	9,71	9,98	9,62	9,66	9,1	9,8	7,1	11,4	9,9	7,1	6,7	3,5	3,6
26.—30.	50,85	9,06	10,30	10,51	11,21	10,70	10,93	10,53	11,01	10,87	11,14	8,6	8,9	8,0	10,2	11,0	7,8	8,4	5,0	5,4
Mittel:	(83,30)	9,79	**10,33**	**9,71**	**10,31**	**10,40**	**10,87**	**10,48**	**10,71**	**9,96**	**9,99**	**9,37**	**8,38**	**6,52**	**10,22**	**9,23**	**7,25**	**6,62**	**3,22**	**3,25**

Witterung.

1. Fr. Rf. u. r., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
2. Fr. Rf. u. r., am Tage abw. kl. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew.
3. Fr. Rf. u. r., am Tage thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
4. Fr. nb. u. bew. Von Vorm. 8 h ab kl. Nachm. abw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.
5. Fr. Rf. Am Tage kl. u. abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
6. Fr. Rf. Vorm. kl. u. r. Nachm. kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
7. Fr. Rf., sonst kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
8. Kl. u. r.
9. Kl. Vorm. r. Nachm. abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Fr. Rf., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
11. Fr. Rf. Vorm. kl. Nachm. thlw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. r.
12. Schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. r.
13. Abw. bew. Fr. r., am Tage abw. schw. W. N. thlw. schw. R., dann kl.
14. Meist kl. u. r. Ab. u. N. G.
15. Fr. schw. R. u. r., dann bew. Am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
16. Bew. u. thlw. schw. W. Nachm. v. 5—6 h schw. R., dann bew.
17. Bew. u. r. Nachm. schw. R. Ab. u. N. bew.
18. Abw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. st. G.-R. N. meist kl.
19. Schw. bew. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. meist kl.
20. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
21. Fr. nb. u. schw. W. Von 9 h Vorm. ab abw. schw. u. st. R., ebenso Ab. u. N.
22. Fr. nb. u. schw. R., am Tage thlw. schw. R. N. bew. u. r.
23. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. r. Ebenso Ab. u. N.
24. Abw. bew. u. r. Um 4 h Nachm. schw. R. Von 5 h ab abw. schw. R. N. bew.
25. Abw. bew. N. schw. R.
26. Meist kl. u. r. Nur M. schw. W. Ebenso Ab. u. N.
27. Bis 10 h Vorm. kl. u. r., dann schw. bew. Nachm. bew. Ab. u. N. schw. R.
28. Schw. R. u. r.
29. Fr. schw. R., am Tage abw. schw. u. st. R. Ab. u. N. schw. R.
30. Meist schw. R. u. bew. Nachm. v. 4—5 h mst. R.

Mai	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
						mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.— 5.	38,10	7,75	8,74	9,01	9,23	9,30	9,33	9,00	9,12	9,19	9,23	7,2	7,5	5,4	9,5	10,0	6,4	5,7	3,0	2,7
6.—10.	3,62	11,03	10,12	10,53	10,67	11,03	11,66	10,25	10,88	10,41	10,37	8,9	9,2	7,6	11,2	12,9	7,9	8,4	7,1	6,8
11.—15.	26,67	10,96	10,95	11,42	11,66	11,87	12,20	11,26	11,71	11,30	11,32	7,3	8,1	6,2	10,2	12,2	6,5	7,5	2,6	2,2
16.—20.	0,15	15,08	15,06	15,27	15,93	16,21	17,22	15,94	16,65	14,83	15,14	7,3	8,0	6,2	10,1	11,4	8,5	7,2	3,4	3,6
21.—25.	14,75	13,73	15,13	15,55	15,90	16,25	16,49	15,45	15,75	15,30	15,44	5,5	6,5	4,3	7,9	8,4	6,2	5,5	2,1	2,2
26.—31.	66,40	9,96	11,77	12,61	13,01	12,80	13,02	12,27	12,78	12,71	12,65	6,4	7,2	5,7	8,1	9,2	6,3	6,5	4,4	4,6
Mittel:	(149,69)	11,37	**11,95**	**12,39**	**12,74**	**12,90**	**13,31**	**12,36**	**12,81**	**12,30**	**12,36**	**7,10**	**7,75**	**5,75**	**9,50**	**10,68**	**6,96**	**6,80**	**3,76**	**3,68**

Witterung.

1. Fr. nb. u. r., thlw. schw. R., am Tage abw. mst. R. N. R.
2. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. schw. R. N. bew.
3. Bis Ab. bew. u. abw. schw. W. Ab. u. N. schw. R.
4. Bis M. abw. bew. u. mst. W., dann abw. R. u. st. W. N. R. u. S.
5. Bis Nachm. abw. schw. W. u. schw. S., dann bew. N. abw. bew.
6. Fr. Rf. u. kl., am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. schw. bew.
7. Fr. schw. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. st. R. N. bew.
8. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. r. Ab. schw. bew. N. meist kl.
9. Kl., fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. kl.
10. Ver. u. mst. W. Nachm. 5h schw. R. Ab. u. N. R.
11. Bew. bis M. st. R. Ab. N. abw. bew.
12. Abw. bew. u. meist r.
13. Bew. Fr. u. am Tage abw. schw. R. Ab. u. N. bew. u. r.
14. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
15. Meist kl. u. r.
16. Fr. kl. u. r. Von 8h Vorm. ab mst. W. u. meist kl. N. kl. u. r.
17. Fr. kl. u. r. Von Vorm. 8h bis Nachm. 2½h st. W., dann thlw. bew.
18. Thlw. schw. bew. Fr. u. Vorm. r. Nachm. schw. W. N. meist kl. u. r.
19. Bis Nachm. 5h thlw. bew., dann bew.
20. Bis M. nb. u. r., dann bew. u. schw. W. Gegen Ab. schw. R. N. abw. bew.
21. Fr. schw. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. st. R. N. bew.
22. Bew. Fr. r., am Tage abw. schw. W. N. bew.
23. Fr. nb. u. r., am Tage bew. u. abw. schw. W. Ab. u. N. bew. u. schw. W.
24. Fr. nb. u. schw. W., am Tage bew. u. mst. W. Ebenso N.
25. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. bew. u. ver. W. Ebenso Ab. u. N.
26. Abw. schw. u. st. R., sowie schw. W. N. bew. u. schw. W.
27. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. Von 5¼h Nachm. ab st. G.-R. N. bew. u. mst. W.
28. Abw. bew. u. st. W. Ab. bew. u. schw. W. N. schw. R.
29. Abw. bew. bis Nachm., dann abw. st. G.-R. N. ver.
30. Abw. bew., meist r.
31. Bis Nachm. 3h abw. bew. u. r. Von 8—4½h G.-R., dann bew. u. schw. W. Von 6h Ab. u. N. R.

Juni	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
						mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
8.— 5.	17,82	15,66	14,88	15,72	15,71	15,95	16,50	15,08	15,57	14,95	14,97	8,6	9,3	7,1	10,8	12,6	7,4	9,0	4,2	4,1
6.—10.	18,75	18,89	14,75	15,36	15,72	15,62	15,91	14,88	15,50	15,49	15,47	8,3	9,2	7,1	10,1	11,1	7,4	8,6	4,3	6,5
11.—15.	50,37	10,22	11,76	12,51	12,62	12,60	12,56	12,06	12,46	12,56	12,44	4,4	5,0	3,5	5,6	5,7	4,1	4,1	2,4	2,2
16.—20.	25,10	13,96	14,29	15,15	15,05	15,38	15,72	14,46	15,22	14,45	14,41	9,3	10,4	7,6	11,8	13,4	8,0	9,7	4,5	4,7
21.—25.	4,00	16,94	16,47	17,10	17,04	17,65	18,30	16,48	17,40	16,12	16,15	8,9	9,5	6,9	12,0	12,8	7,5	9,6	4,4	4,5
26.—30.	—	15,77	17,69	17,54	18,18	19,52	19,20	17,92	18,74	17,29	17,44	9,2	8,4	4,9	12,8	9,7	7,7	6,8	2,0	2,3
Mittel:	(116,04)	14,41	**14,97**	**15,23**	**15,72**	**16,12**	**16,38**	**15,14**	**15,81**	**15,14**	**15,14**	**8,11**	**8,63**	**6,18**	**10,52**	**10,88**	**7,01**	**7,96**	**3,63**	**4,05**

Witterung.

1. Abw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. schw. bew.
2. Abw. bew. u. thlw. schw. R. N. bew. u. schw. W.
3. Bis 9 h Vorm. st. R. u. schw. W., dann bis Nachm. 4½ h thlw. R. Ab. u. N. ver.
4. Abw. bew. u. schw. W.
5. Abw. bew. Fr. schw. W., am Tage r. N. bew. u. schw. W.
6. Schw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Nachm. mst. W. N. st. G.-R.
7. Fr. bew. u. schw. W., am Tage ver. Ab. schw. R. N. bew. u. schw. W.
8. Fr. abw. R. u. mst. W., am Tage ver. Ab. u. N. bew.
9. Schw. W. u. abw. bew. Ab. kl. N. bew.
10. Bew. u. schw. W. M. schw. R. Ab. bew. u. r. N. R.
11. Bis M. R. u. schw. W. dann abw. bew. Um 5 h. Nachm. G.-R. Ab. u. N. abw. st. R.
12. Fr. bew. u. st. W., am Tage, Ab. u. N. abw. st. R.
13. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. R. u. mst. W. N. R. u. mst. W.
14. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. R. u. mst. W. Ab. st. R. N. bew. u. mst. W.
15. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. R. u. mst. W. Ab. u. N. bew. u. mst. W.
16. Fr. bew. u. mst. W., am Tage schw. bew. u. ver. W. Ab. u. N. bew.
17. Meist schw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. schw. bew. u. r.
18. Ab. bew. u. ver. W. Ab. st. G.-R. N. bew.
19. Fr. st. R. u. schw. W., am Tage abw. st. R. u. H. u. mst. W. Ab. u. N. bew.
20. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. thlw. kl. N. bew.
21. Bis 7 h. fr. R., dann abw. bew. u. mst. W. Von 4—4½ h Nachm. st. G.-R., dann abw. bew. u. st. W.
22. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
23. Meist kl., fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl.
24. Fr. schw. bew., am Tage meist kl. Ab. schw. G.-R. N. bew.
25. Meist bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl.
26. Schw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. N. kl.
27. Bis M. kl. u. r., dann bis 5 h Nachm. bew. Von da ab meist kl. N. kl. u. r.
28. Meist kl. Fr. r., am Tage ver. W. Ab. u. N. klar.
29. Meist kl. u. schw. W. N. r.
30. Fr. kl. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl.

Juli	Niederschlagsmenge	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
	mm					mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.— 5.	5,90	18,56	20,88	19,84	20,36	22,01	21,02	20,51	20,85	19,76	20,26	10,3	8,7	6,3	13,5	10,9	8,5	8,0	2,9	3,2
6.—10.	11,37	18,55	20,74	20,08	20,48	22,01	21,14	20,34	20,69	19,79	20,08	10,5	9,1	5,3	13,2	10,7	8,5	8,3	2,8	2,7
11.—15.	39,85	16,97	18,37	18,71	19,48	20,21	19,44	18,24	18,65	18,35	18,57	7,7	7,5	7,3	10,3	9,3	5,9	6,6	2,8	2,9
16.—20.	19,62	15,48	16,90	17,55	17,76	19,46	18,20	16,90	17,48	17,12	17,11	6,2	6,5	4,3	10,0	9,6	4,5	5,9	1,7	1,5
21.—25.	—	22,09	21,95	21,65	22,35	24,61	23,41	21,38	22,49	20,18	20,43	14,7	12,3	10,8	17,9	14,9	12,4	12,1	6,6	7,2
26.—31.	48,57	15,90	18,53	18,82	19,78	20,03	19,48	18,81	19,34	19,07	19,25	7,1	8,0	8,5	12,7	11,6	9,3	8,5	6,5	7,0
Mittel:	(125,31)	17,85	**19,53**	**19,42**	**20,02**	**21,02**	**20,41**	**19,67**	**19,89**	**19,04**	**19,28**	**9,41**	**8,68**	**7,08**	**12,93**	**11,16**	**8,18**	**8,23**	**3,88**	**4,08**

Witterung.

1. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
2. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
3. Fr. u. Vorm. schw. bew. u. r. Nachm. bew. Von 4—5 h G.-R., dann bew. Ab. u. N. thlw. R.
4. Fr. schw. bew. u. r., am Tage thlw. schw. R. u. bew. N. thlw. kl.
5. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
6. Kl., fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
7. Bis M. kl. u. r., dann thlw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. G.-R.
8. Bis 8 h Vorm. abw. R. u. r., dann schw. bew. Nachm. st. W. u. bis 4 h abw. R., dann schw. bew. N. kl.
9. Fr. kl. u. r., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. schw. bew. u. r.
10. Fr. schw. bew. u. r., am Tage ver. Ab. R. N. bew.
11. Fr. bew. u. St. Von 8—11 h Vorm. R. u. schw. W., dann abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. schw. bew. u. r.
12. Fr. bew. u. r. Von 8 h bis M. R., dann schw. bew. Nachm. abw. bew. Ab. st. G.-R. N. meist kl.
13. Meist kl. u. r. Ab. G. N. schw. R.
14. Bis 8 h Vorm. abw. bew. u. mst. W., dann abw. bew. M. G. Von 3—3 1/2 h Nachm. st. G.-R., dann bew. u. st. W. Von 5 h ab abw. G.-R.
15. Fr. bew. u. abw. R. Von da ab abw. bew. M. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.
16. Bis 10 h Vorm. meist kl. u. mst. W., dann G. Von 2—3 h Nachm. schw. G.-R., dann abw. bew. N. schw. bew. u. r.
17. Abw. bew. u. schw. u. mst. W. N. thlw. R.
18. Bew. u. abw. R.
19. Bew. u. abw. R. Fr. r., am Tage abw. st. W. Ab. st. G.-R., dann ver.
20. Abw. bew. u. schw. W. Ab. r. N. kl. u. r.
21. Meist kl. u. r.
22. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
23. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
24. Kl. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
25. Kl., abw. schw. u. mst. W. Ab. G. N. schw. bew. u. schw. W.
26. Bew. u. schw. W. Nachm. von 4 3/4 h bis N. G.-R., dann kl.
27. Abw. bew. u. schw. W. N. abw. schw. R.
28. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. r. N. kl.
29. Kl. u. schw. W. Ab. G. N. bew. u. schw. W.
30. Bis 8 h Vorm. bew. u. schw. W., dann abw. st. R. N. bew.
31. Fr. bew. u. schw. W. Am Tage ver. u. mst. W. Ab. u. N. abw. schw. R.

August	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
						mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.— 5.	30,75	15,68	16,49	17,27	17,15	17,92	17,76	16,76	17,14	16,73	16,70	4,8	7,0	3,7	9,5	9,4	5,2	5,2	2,3	2,3
6.—10.	13,50	18,09	18,35	18,98	19,27	20,59	19,71	18,50	19,03	18,33	18,42	9,8	7,6	5,5	10,5	10,5	5,9	7,3	2,5	2,7
11.—15.	32,05	13,65	14,83	15,59	15,96	16,33	15,87	15,06	15,67	15,67	15,73	8,2	9,1	5,7	13,3	12,4	7,6	7,7	4,2	4,2
16.—20.	45,87	12,46	14,15	14,86	15,19	15,12	14,84	14,60	14,93	14,99	15,03	7,6	8,0	6,2	9,9	9,1	7,2	6,4	4,2	4,5
21.—25.	4,25	17,27	15,99	16,69	16,66	18,12	17,70	16,25	16,82	15,56	15,62	11,0	11,3	9,2	15,5	14,0	10,1	10,7	6,0	6,0
26.—31.	—	18,97	19,75	19,87	21,06	22,29	21,39	20,70	20,92	19,70	20,09	10,3	11,0	8,0	14,9	12,3	10,0	9,4	4,4	4,4
Mittel:	(126,42)	16,12	16,69	17,29	17,66	18,84	17,99	17,09	17,53	16,92	17,03	8,61	9,00	6,38	12,27	11,28	7,66	7,78	3,93	4,01

Witterung.

1. Schw. R. Fr. schw. W., am Tage r. Ab. bew. N. abw. bew. u. r.
2. Abw. bew. Ab. kl. N. st. G.-R.
3. Bis Nachm. abw. bew. Von 4 h an G.-R. Ab. u. N. st. R.
4. Bis Nachm. schw. bew. Von 3—5 h R. Ab. u. N. kl.
5. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
6. Kl. Fr., am Tage mst. W. Ab. kl. N. thlw. bew.
7. Fr. r. u. thlw. bew., am Tage abw. bew. u. ver. W. Ab. r. N. R.
8. Fr. R. u. r., am Tage ver. N. thlw. kl.
9. Fr. schw. bew. u. r. Bis Nachm. bew. Von 5—5½ h G.-R., dann bew. N. thlw. R.
10. Abw. bew. u. schw. W.
11. Bew. Fr. r., dann ver. W. Nachm. st. W. u. schw. G.-R. Ab. schw. bew. N. abw. R.
12. Bew. u. abw. R. Nachm. mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
13. Bis M. schw. bew., dann abw. R. u. st. W. N. st. R. u. schw. W.
14. Bis 9 h Vorm. thlw. kl. u. schw. W., dann abw. bew. Nachm. bew. u. st. W. Ab. bew. u. schw. W. N. thlw. kl.
15. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. G. N. thlw. schw. G.-R.
16. Fr. G.-R., am Tage abw. G.-R. Ab. st. R. N. abw. R.
17. Bis M. R. u. schw. W., dann ver.
18. Fr. bew. u. r. Vorm. schw. R. Nachm. ver. Ab. u. N. abw. schw. R.
19. Bis 10 h Vorm. bew., dann abw. st. G.-R. Nachm. schw. bew. u. schw. W. N. R.
20. Fr. bew., am Tage abw. bew. Ab. u. N. abw. st. R.
21. Abw. bew. u. abw. schw. u. st. W. Ab. kl. u. r. Mn. thlw. schw. bew.
22. Abw. bew. Fr. r., am Tage ver. W. Ab. u. N. meist kl. u. r.
23. Fr. u. Vorm. r. u. kl. Nachm. schw. bew. u. schw. W. Ab. bew. N. thlw. bew. u. r.
24. Meist kl. Fr. r. Vorm. mst. W. Nachm. r. Ab. G. N. kl.
25. Bis M. thlw. bew. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
26. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. G. N. thlw. bew.
27. Kl. Fr. r., am Tage ver. W. Ab. G. N. abw. bew.
28. Kl. Fr. r., am Tage ver. W. Ab. u. N. kl.
29. Bis M. kl. u. r., dann schw. bew. u. ver. W. N. abw. bew.
30. Bis M. schw. bew. u. r., dann abw. bew. Ab. u. N. kl.
31. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.

September	Niederschlagsmenge	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
	mm					mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.— 5.	28,62	15,96	17,39	17,55	18,34	19,00	18,29	18,12	18,17	17,76	18,16	8,0	7,1	6,2	11,9	9,6	7,9	7,4	3,5	4,0
6.—10.	23,17	9,11	10,91	11,73	12,16	11,87	11,80	11,71	11,99	12,64	12,66	4,0	4,2	3,0	4,4	4,4	3,5	3,4	3,7	3,7
11.—15.	—	8,88	10,62	11,51	11,91	12,72	12,33	11,36	11,96	11,37	11,51	5,4	7,1	3,8	8,6	8,6	5,1	4,9	2,1	1,2
16.—20.	—	11,06	11,78	12,43	12,86	13,83	13,25	12,54	12,97	11,93	11,97	8,5	9,5	6,3	11,7	9,9	7,8	7,0	3,4	3,4
21.—25.	28,25	13,91	13,62	14,10	14,56	14,82	14,42	14,22	14,76	13,93	14,81	4,7	5,8	3,5	8,1	6,4	4,4	4,0	1,3	1,1
26.—30.	8,62	10,25	11,79	12,30	12,88	13,17	12,79	12,46	12,68	13,04	13,11	9,4	11,1	7,7	12,5	9,6	7,9	7,2	4,8	4,9
Mittel:	(88,66)	11,53	**12,68**	**13,27**	**13,78**	**14,13**	**13,81**	**13,40**	**13,75**	**13,44**	**13,59**	**6,66**	**7,80**	**5,08**	**9,53**	**8,08**	**6,10**	**5,65**	**3,13**	**3,05**

Witterung.

1. Meist kl. Fr. r. Vorm. mst. W. M. st. W. Ab. u. N. st. W. u. St.
2. Meist kl. Nachm. G.
3. Bis 10 h Vorm. schw. bew. u. r., dann st. G.-R. 10 Min. lang, später bew. N. G.-R.
4. Fr. schw. R. u. r., am Tage abw. schw. R. u. ver. W. Ab. abw. R. N. bew.
5. Fr. bew. u. r., am Tage abw. R. Ab. u. N. bew. u. r.
6. Bis 10 h Vorm. nb. u. r., dann R. bis Ab., später bew.
7. Bis M. bew. Nachm. abw. R. N. bew.
8. Bis Ab. bew. u. ver. W., dann abw. st. R.
9. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. R.
10. Fr. bew. u. r. Vorm. abw. schw. H. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew.
11. Bis 10 h Vorm. nb., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
12. Fr. Rf. Am Tage kl. u. abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Meist kl. Vorm. r. Nachm. mst. W. Ab. bew. N. kl.
14. Bis 9 h Vorm kl. u. r., dann thlw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
15. Fr. Rf. Am Tage kl. u. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
16. Fr. Rf. u. r. Am Tage kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. *u. r.*
17. Bis Vorm. 8 h kl. u. r., dann schw. W. Von 9 h ab St. u. thlw. bew. Nachm. bew. u. St. Von 5 h ab r. Ab. u. N. kl.
18. Abw. bew. Fr. schw. W. Vorm. mst. W. Nachm. r. Ab. u. N. bew. u. r.
19. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl.
20. Kl. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
21. Meist kl. u. r.
22. Bis M. kl. u. r., dann schw. bew. u. schw. W. Von 3 h Nachm. ab bew. u. mst. W. Ab u. N. abw. schw. R.
23. Bis 9 h Vorm. bew. u. r., dann abw. st. u. schw. R. Von Nachm. 4 h ab abw. schw. R. Ebenso Ab. u. N.
24. Bew. u. r. Ab. u. N. abw. R.
25. Abw. bew. u. r. Ab. bew. N. G. u. abw. R.
26. Abw. bew. Fr. r., am Tage mst. W. Von 5—6 h Nachm. G.-R., dann ver.
27. Abw. bew. Fr. schw. W., am Tage st. W. N. abw. R.
28. Abw. bew. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. schw. W.
29. Abw. bew. N. abw. R.
30. Bew. Fr. schw. W. Nachm. st. W. u. abw. R. Ebenso Ab. u. N.

Versuch VII (1895).

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe.

April	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
						mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.—5.	8,92	4,19	4,85	5,31	5,23	5,26	5,60	5,33	5,31	4,96	4,81	4,1	4,9	3,2	5,5	5,7	4,2	4,2	1,9	2,1
6.—10.	7,40	7,62	5,87	6,58	6,43	6,60	7,28	6,50	6,47	5,98	5,89	8,4	9,7	6,6	11,0	12,5	8,3	8,6	2,9	2,6
11.—15.	4,05	6,68	7,69	8,17	7,03	8,37	9,05	8,10	8,48	8,20	8,21	8,4	10,1	7,7	10,7	12,6	8,9	10,2	4,1	4,4
16.—20.	—	10,26	9,84	9,48	9,32	9,93	10,51	9,77	10,74	8,71	8,53	11,1	10,5	7,8	11,5	12,8	9,6	10,1	5,7	4,5
21.—25.	34,75	12,08	11,99	11,79	11,84	12,03	12,55	12,09	12,39	11,50	11,42	6,2	8,0	5,5	8,8	10,3	7,1	7,9	2,4	1,7
26.—30.	46,12	9,09	10,10	10,65	10,81	10,53	10,83	10,60	10,65	11,06	11,09	5,5	6,9	5,4	7,3	8,5	6,1	6,2	3,7	3,6
Mittel:	(101,24)	8,32	**8,39**	**8,66**	**8,44**	**8,78**	**9,30**	**8,73**	**9,00**	**8,40**	**8,32**	**7,28**	**8,35**	**6,03**	**9,13**	**10,40**	**7,86**	**7,86**	**3,45**	**3,15**

Witterung.

1. Fr. Rf., sonst bew. Fr. r., am Tage schw. W. Von 4¼ h Nachm. ab R.
2. Bis M. nb., r. u. R., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. bew.
3. Bis M. nb. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
4. Bis M. abw. bew. u. r., dann bew. u. mst. W. N. schw. S.
5. Meist bew. u. abw. schw. u. mst. W. Ab. u. N. kl.
6. Fr. Frst., dann meist kl. M. schw. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. r.
7. Bew. Fr. r., am Tage meist st. W. Ab. u. N. R.
8. Bis 9 h Vorm. abw. schw. R. u. r., dann bis 5 h Nachm. abw. schw. R. u. mst. W. N. kl. u. r.
9. Fr. Rf., am Tage meist kl. N. kl.
10. Fr. nb., dann kl. u. r.
11. Kl. u. r.
12. Fr. nb., dann bis M. R. Nachm. u. Ab. bew. N. abw. bew.
13. Fr. bew. u. r., am Tage u. Ab. abw. bew. N. meist kl.
14. Meist kl. Fr. schw. W., am Tage st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
15. Meist kl. Vorm. schw. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
16. Fr. Rf., am Tage abw. mst. W. N. kl.
17. Meist kl. Vorm. r. Nachm. mst. W. N. thlw. bew.
18. Schw. bew. u. r. Nachm. 5—5½ h schw. R. N. meist kl.
19. Fr. nb., am Tage thlw. schw. bew. N. thlw. bew.
20. Abw. bew. u. r. Ab. u. N. kl.
21. Kl. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. r. N. thlw. schw. bew.
22. Fr. schw. bew. u. r., am Tage abw. schw. R. Ab. st. G.-R. u. abw. H. N. abw. bew.
23. Fr. abw. bew. u. r., am Tage bew. u. abw. schw. R. N. R.
24. Bis M. schw. R. u. r. Nachm. abw. bew. N. thlw. R.
25. Bis Nachm. meist kl. u. r. Von 5 h Nachm. ab st. G.-R. N. R.
26. Bis M. bew., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. r. N. R.
27. Fr. bew. u. r., am Tage abw. R. u. schw. W. Ab. u. N. abw. schw. R.
28. Bis M. bew. u. r. M. schw. H. Nachm. abw. schw. R. u. schw. W. N. schw. R. u. r.
29. Fr. bew. u. r., am Tage abw. st. R. Ab. u. N. abw. bew.
30. Abw. bew. bis M. Nachm. G. u. thlw. schw. R. Ab. u. N. meist kl.

Mai	Niederschlagsmenge	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
	mm					mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.— 5.	15,00	10,39	10,06	10,85	11,12	11,02	11,80	10,79	10,86	10,91	10,94	5,3	7,3	4,9	8,1	10,4	5,8	6,2	2,7	2,3
6.—10.	—	12,30	11,79	11,81	12,03	12,71	13,74	11,80	12,92	11,47	11,35	7,4	7,9	6,0	8,1	9,0	6,7	8,0	3,7	3,3
11.—15.	11,55	13,31	15,39	14,82	15,32	15,26	16,25	15,29	15,99	14,78	14,86	7,9	8,2	5,8	8,6	10,3	7,2	7,8	3,0	2,7
16.—20.	67,92	5,38	7,73	8,53	8,86	8,22	8,61	8,41	8,69	9,26	9,39	4,5	5,8	4,5	5,8	6,6	4,8	5,2	4,9	4,9
21.—25.	15,48	13,10	12,58	13,44	13,26	13,52	14,28	13,08	13,18	12,61	12,51	6,8	8,3	7,1	9,0	11,2	7,3	7,4	5,4	4,9
26.—31.	9,80	14,22	13,46	14,08	14,95	15,42	16,78	14,55	15,47	14,26	14,13	9,1	9,7	7,0	10,7	13,7	8,1	10,3	3,6	2,9
Mittel:	(119,75)	11,70	11,89	12,31	12,66	12,78	13,64	12,37	12,93	12,28	12,26	6,83	7,86	5,88	8,38	10,20	6,65	7,48	3,88	3,50

Witterung.

1. Meist kl. N. schw. bew.
2. Abw. bew. Von Nachm. 3 h ab abw. st. G.-R. N. abw. bew.
3. Fr. kl. u. r., am Tage thlw. bew. u. mst. W. N. bew. u. schw. W.
4. Meist bew. u. mst. W. N. bew. u. schw. W.
5. Bew. Fr. schw. W., am Tage st. W. N. schw. bew. u. r.
6. Thlw. bew. Fr. schw. W., am Tage st. W. Ab. u. N. kl. u. mst. W.
7. Meist kl. u. abw. st. W. u. St. N. schw. W.
8. Meist kl. u. ver. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
9. Bis M. schw. bew. u. r., dann G. u. schw. W. N. kl. u. r.
10. Fr. kl. u. r., am Tage thlw. schw. bew. N. kl.
11. Bis M. kl. u. r., dann abw. st. W. Von 5 h ab bew. Ab. u. N. thlw. bew.
12. Fr. kl. u. r., dann kl. u. schw. W. Nachm. G. u. thlw. st. W. Um 6 h schw. Gew.-R. N. kl. u. r.
13. Meist kl. Fr. u. Vorm. r. Nachm. mst. W. Ab. u. N. abw. bew.
14. Meist kl. Bis M. r. Nachm. thlw. schw. W. Ab. u. N. bew.
15. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. G.-R. Ebenso Ab. u. N.
16. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. R. u. H. u. mst. W. Ab. u. N. abw. R. u. schw. W.
17. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. schw. R. u. S. Ab. u. N. abw. R. u. mst. W.
18. Bis M. abw. R. u. st. W., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. schw. bew. u. r.
19. Bis M. schw. bew. u. r., dann bew. Von 5 h Nachm. ab schw. R. Von 7 h ab bew. N. R.
20. Bis 10 h. Vorm. st. R. u. mst. W., dann aber R. u. schw. W. Von 2 h Nachm. ab bew. Ab. bew. N. schw. R.
21. Fr. nb. u. schw. R. Von 8 h Vorm. an ver. Ab. u. N. abw. st. R.
22. Bis Nachm. 1 h abw. bew. u. r. Von 1—2 h R., dann bew. N. schw. R.
23. Abw. bew. u. schw. W. N. r.
24. Meist kl. u. r. N. abw. bew.
25. Fr. schw. bew. u. r., am Tage abw. bew. Nachm. st. W. Ab. u. N. bew. u. r.
26. Bis 8 h Vorm. bew. u. r., dann bis M. R., hierauf bew. Ab. u. N. abw. R.
27. Bew. Vorm. r. Nachm. mst. W. u. thlw. kl. N. kl.
28. Kl., am Tage schw. W. N. r.
29. Kl. Fr. schw. W., am Tage mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
30. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
31. Meist kl. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. G. N. thlw. schw. R.

Juni	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
						mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.— 5.	43,07	16,49	17,43	18,11	18,15	18,36	19,33	17,72	18,05	17,62	17,54	8,2	8,1	6,0	9,1	11,2	7,1	8,9	1,6	1,1
6.—10.	39,07	16,36	16,76	17,50	17,68	17,87	18,79	17,17	17,41	17,19	17,18	5,2	6,8	5,4	7,8	10,2	5,8	6,2	2,5	2,1
11.—15.	19,05	12,69	14,63	15,46	15,81	15,41	15,91	15,15	15,22	15,89	15,99	6,7	8,1	6,2	8,4	9,6	7,0	7,0	4,2	4,0
16.—20.	2,80	15,23	15,46	16,48	16,67	16,91	18,21	15,99	17,02	15,78	15,78	10,3	10,9	8,2	12,8	14,3	9,3	11,7	5,8	5,4
21.—25.	58,37	14,46	15,20	15,73	15,89	15,87	16,41	15,42	15,73	15,83	15,83	5,7	7,4	5,1	8,7	10,3	6,2	6,3	3,4	3,3
26.—30.	0,67	17,98	17,27	18,04	17,92	18,56	19,96	17,71	18,97	17,57	17,57	12,3	11,8	9,0	13,7	14,9	12,0	13,3	6,7	6,3
Mittel:	(163,03)	15,53	**16,12**	**16,88**	**17,02**	**17,16**	**18,10**	**16,52**	**17,06**	**16,64**	**16,64**	**8,06**	**8,85**	**6,60**	**10,08**	**11,75**	**7,90**	**8,90**	**4,08**	**3,70**

Witterung.

1. Abw. bew. Fr. schw. W., am Tage r. Ab. G. N. G.-R.
2. Bis Nachm. bew. u. R., dann abw. bew.
3. Thlw. bew. u. r. Ab. st. G.-R. N. kl.
4. Bis M. meist kl. u. r. Nachm. G. u. st. W. Ab. u. N. G.-R. u. schw. W.
5. Fr. nb. u. schw. bew., am Tage abw. bew. Ab. G. N. G.-R.
6. Bis 10 h Vorm. bew. u. r., dann bis Nachm. 2 h thlw. kl., hierauf st. W. u. G. Ab. u. N. r.
7. Bis Nachm. 5 h abw. R., dann bew. N. abw. bew.
8. Abw. bew. u. mst. W. N. thlw. kl. u. r.
9. Bis 9 h Vorm. kl. u. schw. W., dann schw. bew. Nachm. G. Ab. G.-R. N. abw. bew.
10. Abw. bew. u. mst. W. Nachm. 4—5 h st. G.-R. Ab. R. N. abw. bew.
11. Bis Nachm. 3 h bew. Fr. schw. W., dann r. Von 3—3½ h R., hierauf ver. Ab. u. N. abw. R.
12. Abw. R. u. schw. W. Ab. u. N. bew. u. r.
13. Fr. bew. u. r., am Tage abw. schw. R. Ab. u. N. meist bew.
14. Abw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl.
15. Fr. abw. schw. R. u. r. Von 8—10 h Vorm. bew., dann bis Nachm. 5 h abw. bew., hierauf bis 5¼ h R. u. H. Ab. schw. R. N. bew.
16. Abw. bew. u. meist r. Ab. u. N. kl.
17. Abw. bew. u. schw. W. Ab. r. N. schw. bew.
18. Abw. bew. u. r. Ab. u. N. G.
19. Meist kl. Bis M. r., dann schw. W. Ab. r. N. meist kl.
20. Bis M. abw. bew. u. schw. W., dann bew. Von 4 h Nachm. ab abw. st. R. N. R.
21. Abw. st. u. schw. R.
22. Bis M. R., dann bew.
23. Bis M. bew. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. N. G.
24. Bis M. abw. schw. R. u. r., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl.
25. Abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. thlw. bew. u. r.
26. Abw. bew. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
27. Meist kl. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
28. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
29. Meist kl. Bis M. r., dann schw. W. Ab. u. N. r.
30. Fr. G. u. r. Von 7—8 h Vorm. schw. R., darauf meist kl.

Juli	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand mit Kalk	Quarzsand ohne Kalk	Lehm mit Kalk	Lehm ohne Kalk	Torf mit Kalk	Torf ohne Kalk	Temperaturschwankungen Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand mit Kalk	Quarzsand ohne Kalk	Lehm mit Kalk	Lehm ohne Kalk	Torf mit Kalk	Torf ohne Kalk
1.— 5.	13,20	18,41	21,23	20,81	21,40	21,73	22,96	21,69	22,39	21,20	21,62	8,0	7,3	4,2	9,3	9,8	7,3	8,4	2,3	1,7
6.—10.	8,37	15,77	16,95	17,39	17,91	18,11	18,93	17,74	18,15	17,70	17,91	9,9	9,8	7,6	12,2	13,2	10,0	11,4	4,5	4,3
11.—15.	10,50	18,03	19,26	18,85	19,70	20,08	20,85	19,74	20,29	18,96	19,34	9,5	8,1	6,6	10,8	11,5	9,2	10,2	4,0	4,1
16.—20.	33,57	19,45	21,74	20,49	21,57	22,07	22,63	21,77	22,15	20,81	20,92	9,7	8,9	6,6	10,6	10,7	8,8	9,2	4,0	3,1
21.—25.	7,20	17,80	18,61	19,13	19,80	19,93	20,44	19,08	19,52	19,33	19,45	8,9	9,8	6,9	12,4	13,1	8,1	10,4	4,4	3,8
26.—31.	27,50	20,95	22,75	21,75	23,17	23,62	24,10	22,80	23,45	22,17	22,17	12,2	9,5	8,0	13,0	12,8	10,3	11,2	4,6	3,8
Mittel:	(100,34)	18,48	**20,17**	**19,83**	**20,67**	**21,01**	**21,73**	**20,54**	**21,07**	**20,09**	**20,29**	**9,70**	**8,90**	**6,66**	**11,38**	**11,85**	**8,95**	**10,13**	**3,96**	**3,46**

Witterung.

1. Kl. Vorm. abw. schw. u. mst. W. Nachm. st. W. Von 6 h. Ab. ab st. G.-R. N. abw. bew.
2. Vorm. abw. bew. u. r. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. u. N. schw. bew. u. r.
3. Vorm. schw. bew. u. r. Nachm. abw. bew. Ab. G. N. schw. G.-R.
4. Meist kl. u. schw. W. Ab. u. N. G.
5. Fr. kl. u. r. Um 10 h Vorm. G. Von 11½ h ab G.-R. Nachm. abw. R. N. G.
6. Bis 10 h Vorm. abw. st. R., dann bew. u. mst. W. Ab. u. N. ver.
7. Schw. bew. Fr. r, am Tage abw. schw. W. N. kl.
8. Bis M. kl. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
9. Kl. u. r.
10. Kl. u. schw. W. N. r.
11. Meist kl. Vorm. r. Nachm. thlw. schw. W. Ab. G. N. schw. G.-R.
12. Bis M. abw. bew. u. schw. W. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. St. N. R. u. mst. W.
13. Abw. bew. u. st. W. Ab. schw. W. N. kl.
14. Kl. Vorm. schw. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. ver. u. r.
15. Abw. bew. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. meist kl. u. r.
16. Meist kl. u. r.
17. Bis M. kl. u. r., dann thlw. bew. Um 5½ h Nachm. schw. R. Ab. bew. N. kl. u. r.
18. Bis M. schw. bew. u. r., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. schw. bew. N. kl. u. r.
19. Bis Nachm. 2½ h. kl. u. r., dann G. Von 4½ h ab st. W. Von 5¼ h ab st. G.-R.
20. Bis Nachm. meist kl. Fr. r., dann schw. W. Ab. G. N. schw. R.
21. Abw. bew. u. r. Ab. G. N. G.-R.
22. Bis 8 h Vorm. abw. bew. u. schw. W., dann bew. M. schw. R. bis 4½ h, hierauf bew.
23. Bis Nachm. 3 h abw. bew. u. mst. W., dann bis 4 h schw. G.-R., später bew. N. kl.
24. Meist kl. Fr. r., am Tage abw. W. Ab. r. N. bew.
25. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
26. Fr. schw. bew. u. r., am Tage meist kl. u. mst. W. Ab. u. N. bew.
27. Fr. abw. bew. u. schw. W., sonst meist kl. u. r.
28. Meist kl. Fr. r., am Tage ver. W. Ab. u. N. kl. u. r.
29. Bis Nachm. 2 h kl. u. schw. W., dann G. Von 5 h ab G.-R. u. mst. W. Ab. u. N. bew.
30. Abw. bew. Fr., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
31. Fr. kl. u. schw. W., dann thlw. bew. u. mst. W. Nachm. schw. bew. u. r. Ebenso Ab. N. R.

August	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur Magnesit	Bodentemperatur Marmor	Bodentemperatur Gips	Bodentemperatur Quarzsand mit Kalk	Bodentemperatur Quarzsand ohne Kalk	Bodentemperatur Lehm mit Kalk	Bodentemperatur Lehm ohne Kalk	Bodentemperatur Torf mit Kalk	Bodentemperatur Torf ohne Kalk	Temperaturschwankungen Magnesit	Temperaturschwankungen Marmor	Temperaturschwankungen Gips	Temperaturschwankungen Quarzsand mit Kalk	Temperaturschwankungen Quarzsand ohne Kalk	Temperaturschwankungen Lehm mit Kalk	Temperaturschwankungen Lehm ohne Kalk	Temperaturschwankungen Torf mit Kalk	Temperaturschwankungen Torf ohne Kalk
1.— 5.	25,67	16,11	19,75	18,30	18,96	18,83	19,39	18,23	18,51	18,89	18,92	7,8	8,7	7,1	10,2	10,9	7,7	8,4	4,3	3,9
6.—10.	10,47	16,15	16,07	16,70	17,05	17,61	18,14	16,52	16,88	16,39	16,34	8,5	9,2	7,0	11,6	12,7	7,8	9,2	3,4	2,2
11.—15.	61,75	16,17	17,17	17,70	18,14	17,95	18,23	17,57	17,93	18,07	18,00	9,8	9,9	8,6	12,8	13,5	8,6	10,8	4,3	3,9
16.—20.	2,25	14,98	16,07	16,69	17,03	17,52	18,46	16,61	17,29	16,33	16,26	8,4	9,2	7,1	11,5	12,0	7,9	9,7	3,8	3,0
21.—25.	3,50	18,99	20,08	19,84	20,61	21,06	21,46	20,36	21,02	20,02	20,19	11,1	10,0	7,9	13,0	13,2	9,7	10,7	3,2	2,8
26.—31.	3,62	17,53	18,83	18,49	19,26	19,90	20,10	19,06	19,41	18,53	18,69	10,5	8,8	6,7	11,7	11,5	8,6	9,2	3,3	2,7
Mittel:	(107,26)	16,68	**18,00**	**17,97**	**18,53**	**18,85**	**19,33**	**18,08**	**18,52**	**18,05**	**18,08**	**9,35**	**9,30**	**7,40**	**11,80**	**12,30**	**8,38**	**9,66**	**3,71**	**3,08**

Witterung.

1. Fr. bew. u. r. Von $7^1/_2$—8 h Vorm. schw. R., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. schw. bew. u. r. N. meist kl.
2. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. G. N. R.
3. Bis 9 h Vorm. abw. st. R. u. schw. W., dann bew. u. schw. W. Ab. u. N. ver.
4. Bis Nachm. 4 h ver., dann schw. R. N. abw. R.
5. Bis Nachm. 4 h bew. Fr. schw. W., dann st. W. Von 4—5 h schw. R., später bew. u. schw. W.
6. Fr. bew. u. r. Von 9 h Vorm. ab mst. W. M. St. Nachm. abw. bew. Ab. u. N. meist kl. u. r.
7. Ver. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. bew. u. abw. schw. R.
8. Ver. u. r., thlw. G.-R. N. abw. bew.
9. Abw. bew. Fr. schw. W., am Tage mst. W. Ab. u. N. meist bew. u. r.
10. Bis M. abw. bew. Fr. r., dann schw. W., später meist kl. u. r.
11. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. G. N. st. G.-R.
12. Abw. R. u. r. N. meist kl.
13. Bis M. meist kl. u. r. Nachm. bew. Von $5^1/_2$ h ab schw. R. Ab. u. N. abw. R.
14. Fr. bew. u. mst. W. Von 7—8 h R., dann abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. abw. schw. R. u. schw. W.
15. Abw. R. u. mst. W.
16. Bis M. meist bew. u. mst. W., dann schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
17. Abw. bew. Fr., am Tage ver. W. Ab. u. N. kl. u. r.
18. Kl. Fr. r., am Tage mst. W. N. kl. u. r.
19. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. meist kl.
20. Meist kl. u. r.
21. Kl. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
22. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. N. thlw. bew. u. schw. R.
23. Bis M. abw. bew. Fr. r., dann schw. W., später kl. u. r.
24. Meist kl. u. versch. G. N. schw. R.
25. Bis M. abw. R. u. r., dann bew. Ab. R. N. kl.
26. Kl. u. r.
27. Kl. u. r. N. schw. bew.
28. Bis M. bew. u. schw. W. Nachm. abw. bew. u. schw. W. Ab. schw. bew. u. r. N. kl.
29. Kl. u. r.
30. Kl. Fr. r. Vorm. u. Nachm. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
31. Bis M. thlw. schw. bew. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. r.

Septbr.	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur									Temperaturschwankungen								
			Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf		Magnesit	Marmor	Gips	Quarzsand		Lehm		Torf	
						mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk				mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk	mit Kalk	ohne Kalk
1.—5.	—	19,89	21,98	20,47	21,47	22,25	22,33	21,69	21,92	20,84	20,90	8,8	8,6	5,7	10,4	9,4	7,3	7,4	3,2	2,2
6.—10.	—	19,63	22,58	22,04	21,79	22,64	22,68	22,08	22,23	21,51	21,44	8,9	9,7	5,8	11,3	9,1	7,6	7,6	2,0	1,6
11.—15.	16,50	13,05	15,59	15,56	17,43	16,15	16,10	16,02	16,10	16,86	17,22	9,7	10,5	8,9	10,8	10,3	9,7	9,7	5,9	5,6
16.—20.	—	13,42	14,52	14,50	15,00	15,60	15,52	14,79	15,04	14,55	14,72	8,4	8,9	5,7	10,3	10,3	7,2	7,7	2,3	1,6
21.—25.	—	13,20	15,47	15,01	15,30	16,08	16,04	15,47	15,72	14,81	14,82	9,4	10,6	6,9	11,5	10,3	8,1	7,8	3,1	2,2
26.—30.	—	15,12	16,74	16,23	16,45	17,14	17,16	16,62	16,75	16,07	16,07	7,5	8,8	5,5	9,7	9,4	6,4	6,4	2,1	1,4
Mittel:	(16,50)	15,72	**17,81**	**17,31**	**17,96**	**18,31**	**18,30**	**17,77**	**17,96**	**17,44**	**17,52**	**8,78**	**9,51**	**6,41**	**10,66**	**9,80**	**7,71**	**7,76**	**3,10**	**2,43**

Witterung.

1. Kl., bis M. r., dann mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
2. Meist kl., thlw. schw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. G.
3. Kl. u. r. Von 3 h Nachm. ab schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
4. Kl. u. r.
5. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
6. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
7. Kl. Fr. r. Von 10 h Vorm. ab mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
8. Kl. Fr. r., am Tage abw. schw. W. Ab. thlw. schw. bew. N. kl.
9. Kl. Fr. r., am Tage thlw. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Kl. Fr. r., am Tage st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
11. Bis 9 h Vorm. kl. u. r., dann thlw. bew. Von 2½ h Nachm. ab G.-R. Ab. u. N. bew.
12. Bew. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. bew. u. r.
13. Fr. bew. u. r., am Tage abw. R. u. mst. W. N. abw. bew. u. thlw. schw. R.
14. Bew. u. schw. W., am Tage thlw. schw. R. Ab. u. N. abw. R.
15. Bis M. bew. u. schw. W., dann abw. schw. R. Ab. u. N. meist kl.
16. Abw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.
17. Schw. bew. u. r.
18. Meist schw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
19. Kl. u. r.
20. Fr. kl. u. r., dann bis M. thlw. schw. bew. u. mst. W. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
21. Meist kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
22. Kl. Fr. schw. W., am Tage mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
23. Fr. Rf., am Tage kl. Ebenso Ab. u. N.
24. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
25. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
26. Bis M. kl. u. r. Nachm. thlw. schw. bew. Ab. u. N. kl.
27. Meist kl., Nachm. thlw. schw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.
28. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
29. Kl. Fr. r, am Tage schw. W. Ab. u. N. kl u. r.
30. Kl. Fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.

Mittel aus sämmtlichen Beobachtungen.

	Versuch IV (1892).		**Versuch V (1893).**	
Niederschlagsmenge mm:	684,74		509,54	
Lufttemperatur:	14,29		14,31	
Bodenart:	Boden-temperatur	Temperatur-schwan-kungen	Boden-temperatur	Temperatur-schwan-kungen
Lehm mit 16 % Kalk	**14,98**	6,52	**15,25**	6,35
» » 8 » »	**15,24**	7,07	**15,53**	7,09
» ohne Kalk	**15,78**	8,32	**16,37**	8,57
Kohlensaurer Kalk (Marmor) .	**14,68**	8,05	**15,81**	9,48
Quarzsand	**15,83**	10,16	**16,66**	10,46

	Versuch VI (1894).		**Versuch VII (1895).**	
Niederschlagsmenge mm:	689,42		608,12	
Lufttemperatur:	13,51		14,41	
Bodenart:	Boden-temperatur	Temperatur-schwan-kungen	Boden-temperatur	Temperatur-schwan-kungen
Magnesit	**14,36**	8,21	**15,40**	8,33
Marmor	**14,55**	8,37	**15,49**	8,79
Gips	**15,06**	6,16	**15,88**	6,50
Quarzsand mit Kalk	**(15,57)**	(10,83)	**16,15**	10,24
» ohne »	**(15,46)**	(10,22)	**16,73**	11,05
Lehm mit Kalk	**14,69**	7,19	**15,68**	7,82
» ohne »	**15,08**	7,17	**16,09**	8,63
Torf mit Kalk	**14,47**	3,59	**15,48**	3,69
» ohne »	**14,56**	3,69	**15,52**	3,22

Abgesehen von Nebenumständen und gewissen Unregelmäßigkeiten läßt sich aus den vorstehend mitgetheilten Zahlen ersehen, daß die kalk- und magnesiareichen Böden kälter sind und geringere Temperaturschwankungen aufzuweisen haben als die übrigen mineralischen Bodenarten (Lehm, Quarzsand u. s. w.). Die Beimischung von kohlensaurem Kalk zu Lehm und Quarzsand hat eine dem Kalkgehalt entsprechende Erniedrigung der Bodentemperatur und Verminderung der Temperaturschwankungen zur Folge. Eine Ausnahme hiervon machen die mit Quarzsand im Jahre 1894 angestellten Versuche, in welchen, wie die vorstehenden Daten darthun, durch die Beimengung von Kalk die entgegengesetzten Erscheinungen sich geltend machten. Indessen ist hierbei zu berücksichtigen, daß dies erst

von Ende Juni ab der Fall war, und zwar aus dem Grunde, als das Gemenge von Sand und Kalk in eine steinharte Masse sich umwandelte, welche in Folge dieser Beschaffenheit die Wärme besser leiten mußte als der locker gelagerte unvermischte Sand. Dafür spricht der Umstand, daß der Kalk auf den Quarzsand, nachdem die betreffenden Vergleichsparzellen im Frühjahr 1895 gelockert worden waren, dieselbe Wirkung auf die Bodentemperatur ausübte wie bei dem Lehm, sowie, daß gegen Ende des Sommers (September), wo der kalkhaltige Boden von Neuem erhärtete, wiederum eine Abweichung von dem normalen Gange der Temperatur sich bemerkbar machte.

Die Wirkung des kohlensauren Kalkes auf den Torf war im Vergleich zu jener bei den Mineralböden äußerst gering und dokumentirte sich in derselben Weise, wie bei letzteren durch eine schwache Depression der Mitteltemperatur. Dagegen wurden die Temperaturschwankungen durch die Beimischung von Kalk bei dem Torf erhöht, während dieselben unter denselben Bedingungen bei dem Lehm und dem Quarzsand vermindert wurden.

Zieht man nur die Hauptbodengemengtheile in Betracht, so zeigte sich in Uebereinstimmung mit den Resultaten der früher publizirten Untersuchungen[1]), daß der Quarzsand während des Sommerhalbjahres am wärmsten war, dann folgte der Lehm (Thon), während die Kalk- und Magnesiaböden sowie der Torf die niedrigste Temperatur besaßen. Die bezüglichen Unterschiede zwischen den Kalkböden und letzterer Bodenart sind im Allgemeinen sehr gering, was dem Umstande zuzuschreiben ist, daß der benutzte, aus einem Hochmoor stammende Torf an sich ein geringes Erwärmungsvermögen besitzt. Nachdem an einer anderen Stelle[2]) nachgewiesen worden ist, daß der Torf aus Niederungsmooren, wie solcher in den zuerst mitgetheilten Untersuchungen über die Temperaturverhältnisse der Humus-, Thon- und Quarzsandböden[3]) verwendet wurde, sich nicht unwesentlich stärker erwärmt, wird gefolgert werden dürfen, daß ein solcher Torf eine höhere Temperatur aufgewiesen haben würde als sämmtliche Kalkböden.

---

1) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 307.
2) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 245.
3) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 307.

Hinsichtlich der Oszillationen der Temperatur läßt sich im Allgemeinen aus den mitgetheilten Zahlen ersehen, daß diese in dem Quarzsand am größten, in dem Torf (Humus) am geringsten und in dem Lehm (Thon) und in dem Kalk resp. der Magnesia von mittlerer Intensität sind.

Im Uebrigen ergeben sich aus obigen Daten zwischen den verschiedenen Kalk- resp. Magnesiaböden hinsichtlich ihrer Wärmeverhältnisse mannigfache Abweichungen, welche sich dahin präzisiren lassen, daß der Gips sich während des Sommerhalbjahres am stärksten erwärmt, die Magnesia am schwächsten und der Marmor in dieser Beziehung ein mittleres Verhalten zeigt. Die Temperaturschwankungen sind im Gips am geringsten, größer im Magnesit und am größten im Marmor. Diese Eigenthümlichkeit letzteren Materials im Zusammenhalt mit der Thatsache, daß die Temperaturextreme in demselben im Durchschnitt höher sind als selbst in dem Lehm und daß der gefällte (erdige) kohlensaure Kalk die Schwankungen in der Bodentemperatur in beträchtlichem Grade herabdrückt, machen es im hohen Grade wahrscheinlich, daß das Kalkkarbonat im krystallinischen Zustande (Marmor) ein anderes Verhalten der Wärme gegenüber zeigt als bei erdiger Beschaffenheit (gefällter kohlensaurer Kalk) und zwar, daß im ersteren Fall das Erwärmungs- und Abkühlungsvermögen des Materials ungleich größer ist als in letzterem.

Beobachtungen solcher Art, gleichergestalt die auffälligen Unterschiede in den Temperaturschwankungen im Zusammenhalt mit den beobachteten Mitteltemperaturen lassen es nothwendig erscheinen, den Gang der Temperatur zu verfolgen. Zu diesem Zweck sind in den folgenden Tabellen die mittleren Morgen- und Abendtemperaturen für die Jahre 1893 und 1895 übersichtlich zusammengestellt worden[1]):

---

[1]) Von einer bezüglichen Berechnung der Beobachtungen in den Jahren 1892 und 1894 wurde Abstand genommen, weil in denselben die betreffenden Versuche eingeleitet wurden und der Boden noch nicht jene natürliche Lagerung aufzuweisen hatte, wie in dem folgenden Jahre.

Mittlere Morgen- und Abendtemperaturen.

1893.

Datum:	1—5.		6.—10.		11.—15.		16.—20.		21.—26.		26.—30.		Mittel	
Bodenart:	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
April.														
Lehm m. 16% K.	5,38	8,82	6,36	9,14	6,56	9,80	7,88	11,02	10,18	13,76	12,48	15,96	**8,14**	**11,42**
» » 8 » »	5,08	9,44	6,16	9,94	6,20	10,52	7,82	11,86	10,26	14,96	12,82	17,34	**8,06**	**12,34**
» ohne »	5,78	11,50	6,86	11,80	6,94	12,24	8,58	13,58	10,92	16,82	13,60	18,96	**8,78**	**14,15**
Marmor . . .	4,32	10,58	5,30	12,06	5,98	11,18	7,58	13,86	9,92	17,44	12,52	19,28	**7,60**	**14,07**
Quarzsand . .	4,96	12,66	6,44	12,54	6,62	12,48	8,46	13,70	10,78	17,22	13,44	18,38	**8,45**	**14,49**
Mai.											26.—31.			
Lehm m. 16% K.	11,14	13,40	7,58	10,08	10,28	14,86	15,12	17,82	14,46	17,38	12,35	15,17	**11,82**	**14,78**
» » 8 » »	11,34	14,16	7,42	10,26	10,12	15,78	15,28	18,48	14,68	18,42	12,20	15,20	**11,84**	**15,38**
» ohne »	11,74	14,98	7,48	10,72	10,64	17,14	15,92	19,52	15,36	19,70	12,37	15,87	**12,25**	**16,32**
Marmor . . .	10,84	14,98	6,62	10,86	9,76	17,28	15,10	19,58	14,50	19,64	11,73	15,85	**11,42**	**16,36**
Quarzsand . .	11,54	15,06	6,68	11,86	9,78	18,46	15,06	20,18	14,60	20,56	11,95	17,73	**11,60**	**17,31**
Juni.											26.—30.			
Lehm m. 16% K.	11,24	14,98	12,80	16,68	13,92	18,36	17,06	22,48	16,52	18,58	16,48	20,48	**14,67**	**18,59**
» » 8 » »	11,00	14,90	12,68	16,68	14,02	18,52	17,54	23,50	16,56	18,54	16,44	20,46	**14,71**	**18,77**
» ohne »	11,30	16,04	13,24	18,72	15,24	21,54	18,68	24,90	16,84	19,14	17,04	22,14	**15,39**	**20,41**
Marmor . . .	10,32	15,48	12,24	17,64	13,52	20,70	17,52	25,58	15,96	18,98	15,94	21,54	**14,25**	**19,97**
Quarzsand . .	10,70	17,80	12,72	21,04	14,36	22,90	17,96	25,98	16,36	20,72	16,44	24,26	**14,75**	**22,11**
Juli.											26—31.			
Lehm m. 16% K.	18,42	22,72	18,22	22,28	17,18	19,38	15,10	18,14	17,72	20,90	16,97	18,31	**17,27**	**20,29**
» » 8 » »	18,36	23,14	18,58	23,46	17,12	19,44	15,00	18,18	17,58	21,02	16,82	18,30	**17,24**	**20,59**
» ohne »	19,18	25,74	19,04	24,70	17,06	19,68	15,04	18,94	18,34	22,88	17,30	18,96	**17,66**	**21,82**
Marmor . . .	17,80	26,76	18,02	25,02	16,42	19,82	14,46	18,94	17,04	22,04	16,63	18,65	**16,73**	**21,87**
Quarzsand . .	18,28	27,66	18,02	26,46	16,54	20,94	14,68	21,26	17,64	24,60	16,62	19,46	**16,96**	**23,39**
August.											26—31.			
Lehm m. 16% K.	14,88	18,20	15,10	18,96	17,12	21,04	18,12	23,26	20,62	24,14	14,63	18,35	**16,74**	**20,66**
» » 8 » »	14,86	18,40	15,08	19,20	17,16	21,74	19,00	25,60	21,26	25,18	14,68	18,78	**17,00**	**21,48**
» ohne »	15,08	19,76	15,22	20,54	18,22	24,26	19,70	26,80	21,74	26,04	14,78	19,62	**17,45**	**22,83**
Marmor . . .	14,22	19,34	14,14	20,00	16,28	23,18	18,20	27,58	20,88	26,68	13,48	19,96	**16,20**	**22,79**
Quarzsand . .	14,52	21,66	14,64	22,72	17,56	25,08	19,26	26,94	21,14	26,66	14,13	21,13	**16,86**	**24,03**
September.											26.—30.			
Lehm m. 16% K.	13,58	16,14	14,56	16,94	13,58	16,72	14,14	16,82	12,16	14,26	10,82	13,52	**13,14**	**15,73**
» » 8 » »	13,58	16,30	14,54	17,06	13,54	16,84	14,10	16,98	12,14	14,36	10,80	13,76	**13,12**	**15,88**
» ohne »	13,54	16,56	14,58	17,74	13,88	18,64	14,26	18,00	12,00	14,48	10,74	15,98	**13,16**	**16,90**
Marmor . . .	12,58	16,92	13,82	17,66	12,84	18,04	13,30	18,38	11,46	14,70	10,22	14,46	**12,37**	**16,69**
Quarzsand . .	12,74	18,06	14,08	18,98	13,46	19,76	13,44	18,70	11,50	15,06	10,40	15,70	**12,60**	**17,71**

1895.

April.

Datum:	1.—5.		6.—10.		11.—15.		16.—20.		21.—25.		26.—30.		Mittel	
Bodenart:	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
Magnesit .	3,88	5,82	3,98	7,76	6,46	8,92	7,64	12,04	10,28	13,70	9,28	10,92	**6,92**	**9,86**
Marmor . .	3,92	6,70	4,06	9,10	5,34	11,00	6,60	12,36	9,58	14,00	9,30	12,00	**6,47**	**10,86**
Gips . . .	4,46	6,00	4,96	7,50	7,06	7,00	7,76	10,88	10,60	13,08	9,98	11,64	**7,47**	**9,35**
Quarzs. m. K.	3,74	6,78	3,70	9,50	6,20	10,54	6,62	13,34	9,62	14,44	9,14	11,92	**6,50**	**11,09**
» o. »	3,84	7,36	3,86	10,70	6,26	11,84	6,84	14,18	9,88	15,22	9,12	12,54	**6,63**	**11,97**
Lehm m. K.	4,24	6,42	4,50	8,50	6,70	9,50	7,48	12,06	10,38	13,80	9,60	11,60	**7,15**	**10,31**
» o. »	4,16	6,46	4,46	8,48	6,70	10,26	8,01	13,47	10,58	14,20	9,56	11,74	**7,24**	**10,77**
Torf m. K.	4,80	5,12	5,76	6,20	8,28	8,12	8,34	9,08	11,18	11,82	11,06	11,06	**8,24**	**8,57**
» o. »	4,70	4,92	5,82	5,96	8,38	8,04	8,36	8,70	11,28	11,56	11,16	11,02	**8,28**	**8,37**

Mai. 26.—31.

Magnesit .	8,38	11,74	9,72	13,86	12,96	17,82	7,08	8,38	10,48	14,68	11,90	15,02	**10,09**	**13,58**
Marmor . .	8,52	13,18	8,96	14,66	11,98	17,66	7,40	9,66	10,62	16,26	11,90	16,26	**9,90**	**14,61**
Gips . . .	9,76	12,48	10,34	13,72	13,70	16,94	8,36	9,36	11,50	15,02	13,17	16,73	**11,14**	**14,06**
Quarzs. m. K.	8,36	13,68	9,40	16,02	12,36	18,26	6,98	9,46	10,40	16,64	11,92	18,92	**9,90**	**15,50**
» o. »	8,50	15,10	9,96	17,52	12,74	19,76	7,10	10,12	10,52	18,04	12,38	21,18	**10,20**	**16,95**
Lehm m. K.	9,02	12,56	9,68	13,92	13,12	17,46	7,62	9,20	10,84	15,32	12,27	16,83	**10,42**	**14,21**
» o. »	8,98	12,74	10,28	15,56	13,48	18,50	7,82	9,56	10,84	15,52	12,67	18,27	**10,68**	**15,02**
Torf m. K.	10,54	11,28	10,94	12,00	14,38	15,18	9,30	9,22	12,00	13,02	13,70	14,82	**11,81**	**12,59**
» o. »	10,78	11,10	11,04	11,66	14,68	15,04	9,58	9,20	12,18	12,84	13,85	14,41	**12,02**	**12,37**

Juni. 26.—30.

Magnesit .	15,50	19,36	15,42	18,10	13,72	15,54	13,26	17,66	13,88	16,52	14,18	20,36	**14,33**	**17,92**
Marmor . .	15,62	20,60	15,52	19,48	14,04	16,88	13,60	19,36	13,94	17,52	14,48	21,60	**14,52**	**19,24**
Gips . . .	16,64	19,66	16,56	18,80	15,04	16,58	14,96	18,38	14,98	16,80	15,74	20,10	**15,65**	**18,39**
Quarzs. m. K.	15,52	21,20	15,50	20,24	13,92	16,90	13,70	20,12	13,78	17,96	14,34	22,78	**14,46**	**19,87**
» o. »	15,70	22,96	15,70	21,88	14,02	17,80	14,32	22,10	14,00	18,82	14,92	25,00	**14,77**	**21,43**
Lehm m. K.	15,76	19,68	15,70	18,64	14,14	16,16	13,98	18,00	14,06	16,76	14,64	20,78	**14,71**	**18,33**
» o. »	15,88	20,22	15,74	19,08	14,10	16,34	14,32	19,70	14,38	17,08	14,96	22,98	**14,89**	**19,23**
Torf m. K.	17,20	18,04	16,94	17,44	15,90	15,88	15,30	16,26	15,66	16,00	16,94	18,20	**16,32**	**16,97**
» o. »	17,28	17,80	17,10	17,26	16,12	15,86	15,52	16,04	15,88	15,78	17,26	17,88	**16,53**	**16,77**

Juli. 26.—31.

Magnesit .	19,20	23,26	14,88	19,02	17,16	21,36	18,54	24,94	16,76	20,46	20,20	25,30	**17,79**	**22,39**
Marmor . .	18,48	23,14	14,82	19,96	16,88	20,82	17,44	23,54	16,72	21,54	19,40	24,10	**17,29**	**22,18**
Gips . . .	20,22	22,58	16,46	19,36	18,44	20,96	19,60	23,54	18,46	21,14	23,30	23,04	**19,41**	**21,77**
Quarzs. m. K.	18,84	24,62	15,04	21,18	17,16	23,00	18,12	26,02	16,92	22,94	20,15	27,09	**17,70**	**24,14**
» o. »	19,72	26,20	15,48	22,38	17,72	23,98	18,48	26,78	17,10	23,78	20,63	27,57	**18,19**	**25,28**
Lehm m. K.	19,64	23,74	15,56	19,92	17,80	21,68	18,88	24,66	17,30	20,86	20,53	25,07	**18,29**	**22,66**
» o. »	19,96	25,82	15,68	20,62	18,08	22,50	19,00	25,30	17,38	21,66	20,93	25,97	**18,51**	**23,64**
Torf m. K.	20,78	21,62	17,30	18,10	18,52	19,40	20,12	21,50	18,94	19,72	21,75	22,59	**19,57**	**20,49**
» o. »	21,46	21,78	17,76	18,06	19,10	19,58	20,54	21,30	19,34	19,56	22,04	22,30	**20,04**	**20,43**

August.

Datum:	1.—5.		6.—10.		11.—15.		16.—20.		21.—25.		26.—31.		Mittel	
Bodenart:	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
Magnesit .	16,48	23,02	14,04	18,10	15,78	18,56	13,82	18,32	17,34	22,82	15,95	21,71	**15,57**	**20,42**
Marmor . .	16,62	19,98	14,18	19,22	16,00	19,40	13,84	19,54	17,42	22,26	15,63	21,35	**15,61**	**20,29**
Gips . . .	18,08	19,84	15,56	18,54	17,12	19,16	15,24	18,82	18,76	22,46	17,55	20,97	**17,05**	**19,96**
Quarzs. m. K.	16,78	20,98	14,42	20,80	15,82	20,08	13,86	21,18	17,58	24,54	16,07	23,73	**15,75**	**21,88**
» o. »	16,88	21,90	14,64	21,64	15,76	20,70	14,20	22,72	17,90	24,96	16,28	23,92	**15,94**	**22,64**
Lehm m. K.	16,96	19,50	14,56	18,48	16,22	18,92	14,30	18,92	18,04	22,68	16,67	21,45	**16,12**	**19,97**
» o. »	17,10	19,92	14,64	19,02	16,34	19,52	14,54	20,04	18,42	23,62	16,78	22,04	**16,30**	**20,69**
Torf m. K.	18,88	18,90	15,86	16,92	17,88	18,26	15,70	16,96	19,44	20,60	18,02	19,04	**17,62**	**18,48**
» o. »	19,08	18,76	16,14	16,54	17,98	18,02	15,98	16,54	19,84	20,54	18,53	18,85	**17,92**	**18,21**

September. 26.—30.

											26.—30.			
Magnesit .	18,76	25,20	19,30	25,86	14,60	16,58	12,30	16,74	12,56	18,38	14,02	19,46	**15,25**	**20,37**
Marmor . .	17,46	23,48	17,40	26,68	14,04	17,08	11,76	17,24	11,96	18,06	12,90	19,56	**14,25**	**20,35**
Gips . . .	19,64	23,30	19,86	23,72	15,70	19,16	13,42	16,58	13,44	17,16	14,72	18,18	**16,13**	**19,85**
Quarzs. m. K.	18,16	26,34	18,30	26,98	14,44	17,86	12,36	18,84	12,10	20,06	13,40	20,88	**14,78**	**21,82**
» o. »	18,64	26,02	19,16	26,20	14,60	17,60	12,30	18,74	12,38	19,70	13,88	20,44	**15,16**	**21,45**
Lehm m. K.	19,04	24,34	19,38	24,78	15,10	16,94	12,78	16,80	13,04	17,94	14,42	18,82	**15,63**	**19,93**
» o. »	19,18	24,66	19,50	24,76	15,14	17,06	12,90	17,18	13,30	18,14	14,52	18,98	**15,76**	**20,13**
Torf m. K.	20,18	21,50	21,02	22,00	16,92	16,80	14,08	15,02	14,44	15,18	15,72	16,42	**17,06**	**17,82**
» o. »	20,62	21,18	21,30	21,58	17,44	17,00	14,58	14,86	14,78	14,86	16,02	16,12	**17,46**	**17,60**

Bei Durchsicht dieser Zahlen ergiebt sich zunächst, abgesehen von Details, daß zur Zeit des täglichen Minimums der Bodentemperatur der zerkleinerte Marmor am kältesten ist, dann folgen in aufsteigender Reihe der Quarzsand und Magnesit, der Lehm, der Gips und schließlich der Torf. Zur Zeit des täglichen Maximums der Bodentemperatur ist der Quarzsand am wärmsten, dann folgen im Allgemeinen in absteigender Reihenfolge der Lehm, der Marmor und Magnesit, der Gips und zuletzt der Torf. Bei den mit gefälltem kohlensauren Kalk gemischten Mineralböden hatte der Kalk eine Depression der Morgen- und Abendtemperatur verursacht. Bei dem Torf war dies nur bezüglich der Morgentemperaturen der Fall, während die Abendtemperaturen durch die Kalkbeimengung eine Erhöhung erfahren hatten.

Angesichts dieser Thatsachen erscheinen die Wärmeverhältnisse der Versuchsmaterialien äußerst komplizirt, derart, daß eine Erklärung für das verschiedene Verhalten der Böden der Wärme gegenüber große Schwierigkeiten bietet. Um gleichwohl einen Einblick nach dieser Richtung zu gewinnen, dürfte es zweckmäßig sein, vorerst die bereits früher charakterisirten Bodenarten (Quarzsand, Lehm und Humus) unberück-

sichtigt zu lassen und vornehmlich die Kalk- und Magnesiaböden in Betracht zu ziehen.

Die Ursache der vergleichsweise geringen Erwärmung dieser Bodenarten ist zunächst wohl darin zu suchen, daß dieselben wegen ihrer weißen Farbe ein geringes Absorptionsvermögen für die Sonnenstrahlen besitzen und sich in Folge dessen oberflächlich nicht in dem Grade zu erwärmen vermögen wie die übrigen, in der Regel dunkler gefärbten Erdarten. Dazu kommt, daß die Kalk- und Magnesiaböden eine größere Wärmekapazität[1]) und eine geringere Wärmeleitungsfähigkeit[2]) besitzen als die übrigen Mineralböden (Quarz und Thon). Aus diesem Grunde können sie sich nicht in dem gleichen Grade erwärmen und abkühlen wie letztere. Dies ergiebt sich deutlich aus den mitgetheilten Zahlen, welche zeigen, daß in den Kalk- und Magnesiaböden die Abkühlung bei sinkender und die Erwärmung bei steigender Temperatur relativ geringer sind als in dem Lehm und dem Quarzsand.

Innerhalb der Gruppe der an alkalischen Erden reichen Bodenarten ergeben sich bezüglich ihrer Wärmeverhältnisse nicht unwesentliche Unterschiede, welche sich dadurch dokumentiren, daß im Durchschnitt der Gips am wärmsten, der Magnesit am kältesten ist, während der Marmor in dieser Beziehung in der Mitte steht. Dieses verschiedene Verhalten wird wahrscheinlich weder durch die Farbe, welche bei den in Vergleich gezogenen Materialien ziemlich gleich erscheint, noch durch Verschiedenheiten in der Wärmekapazität hervorgerufen, welch letztere nach den Bestimmungen des Volumgewichtes der betreffenden Materialien seitens des Verfassers[3]) und jenen der spezifischen Wärme von *R. Ulrich*[4]) keine wesentlichen Abweichungen zeigt, wie aus folgenden Zahlen hervorgeht:

	Wärmekapazität, bezogen auf das Volumen der lufttrockenen Substanz:
Magnesit	0,369
Marmor	0,377
Gips	0,367.

[1]) *R. Ulrich.* Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 1.

[2]) *A. von Littrow.* Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien. Bd. LXXI. 1875. II. Abthlg. Jänner-Heft. — *E. Pott.* Die landw. Versuchsstationen. Bd. XX. 1877. S. 273.

[3]) Das Volumgewicht betrug bei dem Magnesit: 1,52, bei dem Marmor: 1,82 und bei dem Gips: 1,35.

[4]) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 20 und 21.

Die Unterschiede in den Durchschnittstemperaturen der in Rede stehenden Bodenarten dürften, wie mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden kann, auf solche in der Wärmeleitungsfähigkeit zurückzuführen sein, wie schon die Daten über die Temperaturschwankungen erkennen lassen. Letztere waren bei dem Gips ungleich geringer als bei den beiden anderen Materialien, von welchen wiederum der Marmor die größten Temperaturextreme aufwies. Welcher Art die in dieser Richtung bestehenden Verschiedenheiten waren, läßt sich annähernd ermessen, wenn man die angeführten Werthe für die Morgen- und Abendtemperaturen in Betracht zieht und die Mittel aus denselben behufs Ausgleichung einzelner Abweichungen für die ganze Versuchsperiode berechnet. Es ergiebt sich dann Folgendes:

1895.	Morgentemperatur.	Abendtemperatur.
Marmor . . .	**13,01**	**17,92**
Magnesit . . .	**13,32**	**17,42**
Gips	**14,47**	**17,23.**

Hiernach zeigte der Marmor das größte Abkühlungs- und Erwärmungsvermögen, dann folgte der Magnesit, während in dem Gips Zu- und Abnahme der Temperatur im geringsten Grade erfolgten. In dem Betracht, daß diese Materialien in der Farbe und in der Wärmekapazität große Uebereinstimmung zeigen und daß in gleicher Weise wegen annähernder Feinheit der Partikel wesentlichere Unterschiede in dem Feuchtigkeitsgehalt derselben nicht vorhanden waren, wird geschlossen werden müssen, daß das verschiedene Verhalten der betreffenden Bodenarten auf Ungleichheiten in der Wärmeleitungsfähigkeit beruht und zwar in der Weise, daß der Gips die Wärme am schlechtesten leitet, dann folgt der Magnesit, während in dem Marmor die Verbreitung der Wärme am intensivesten erfolgt.

Was schließlich die Beimischung von kohlensaurem Kalk zu den übrigen Erdarten betrifft, so zeigte sich der bezügliche Einfluß auf die Bodentemperatur verschieden, jedoch in der Weise, daß der Kalk auf das Erwärmungsvermögen der mineralischen Bodenarten (Quarzsand und Lehm) entsprechend seiner Menge eine deutlich ausgesprochene, auf jenes des Humusbodens eine schwache Depression ausgeübt hatte. In welcher Weise dies erfolgte, geht besonders aus den Tabellen über die Morgen- und Abendtemperaturen hervor. Diese zeigen nämlich deutlich, daß die

Temperatur zur Zeit des täglichen Maximums (Abends) durch die Kalkbeimischung bei den Mineralböden herabgesetzt, dagegen bei dem Humusboden erhöht war, während zur Zeit des täglichen Minimums (Morgens) die Temperaturen sich gleich gestalteten, d. h. die gekalkten Böden, gleichviel ob dieselben aus mineralischen oder organischen Bestandtheilen zusammengesetzt waren, kälter waren als die nicht gekalkten.

Zur Erklärung dieser Verschiedenheiten sind besonders jene in der Wärmekapazität und in dem Wärmeleitungsvermögen der betreffenden Bodenarten vornehmlich in das Auge zu fassen. Indem der kohlensaure Kalk eine höhere Wärmekapazität und eine geringere Wärmeleitungsfähigkeit besitzt als der Quarzsand und der Lehm, muß nothwendigerweise die Temperatur der letzteren durch die Kalkbeimischung herabgedrückt werden. Im Speziellen ergiebt sich, daß hauptsächlich die Erwärmung des Bodens während des Tages und bei höherer Temperatur durch den Kalk und zwar in beträchtlichem Grade beeinflußt wird, daß dagegen, wie nach Maßgabe der besonderen Eigenschaften dieses Bodenbestandtheiles in Bezug auf spezifische Wärme und Wärmeleitung nicht anders erwartet werden kann, die Abkühlung während der Nacht und bei sinkender Temperatur in dem gekalkten Boden relativ geringer ist als in dem nicht gekalkten. Dies ergiebt sich deutlich, wenn man die Differenzen zwischen den Maximaltemperaturen berechnet, wie solche beispielsweise folgende Tabelle nachweist:

1893.	Mittlere Morgen- Temperatur	Mittlere Abend- Temperatur	Differenz
Lehm mit 16 % Kalk .	13,63	16,91	**3,28**
» » 8 » » .	13,66	17,41	**3,75**
» ohne Kalk . . .	14,11	18,74	**4,63.**
1895.			
Quarzsand mit Kalk . .	13,18	19,05	**5,87**
» ohne » . .	13,48	19,95	**6,47**
Lehm mit Kalk . . .	13,72	17,57	**3,85**
» ohne » . . .	13,90	18,25	**4,35.**

Hieraus geht deutlich hervor, daß die Unterschiede zwischen den Morgen- und Abendtemperaturen in dem mit Kalk versehenen Boden ungleich geringer sind als in dem nicht gekalkten Mineralboden, und

daß die Morgentemperaturen in dem gekalkten und nicht gekalkten Quarzsand und Lehm wesentlich geringere Differenzen aufzuweisen haben als die korrespondirenden Abendtemperaturen. Dies beweist, daß der mit Kalk behandelte Boden sich relativ schwächer abkühlt als der unveränderte. Wie aber die Zahlen zeigen, wird durch diese Eigenthümlichkeit des Kalkes keine Erhöhung der Bodentemperatur während der Nacht oder bei sinkender Temperatur herbeigeführt; in dem kalkhaltigen Boden bleibt vielmehr auch während dieser Periode die Temperatur niedriger als in dem kalkfreien, und zwar weil die Unterschiede in der Erwärmung während des Tages beträchtlich größer sind als jene in der Abkühlung während der Nacht. Die hier geschilderten Gesetzmäßigkeiten haben auch Giltigkeit für die reinen Kalk- und Magnesiaböden, mit Ausnahme des Gipses, der, wie dargethan wurde, sich zwar bei höherer Temperatur weniger stark erwärmt, aber bei niedriger Temperatur in viel geringerem Grade abkühlt als diese, derart, daß er im letzteren Falle wärmer ist als alle übrigen Mineralböden und in der Durchschnittstemperatur derjenigen des Lehmes sehr nahe kommt.

Hinsichtlich der Beeinflussung der Temperatur des Torfes durch die Kalkbeimengung ist hauptsächlich der Umstand zu berücksichtigen, daß der Kalk die Wärme besser leitet als der Torf [1]), derart, daß der mit Kalk gemischte Torf sich am Tage stärker erwärmt, während der Nacht aber auch im höheren Grade erkaltet als das nicht gekalkte Material. Die in dieser Richtung durch den Kalk hervorgerufenen Wirkungen auf den Torf sind aber nicht bedeutend und nicht ausreichend, die mittlere Temperatur dieser Bodenart zu erhöhen. Im Gegentheil ist die Temperatur derselben, wenn sie gekalkt wird, im Durchschnitt um einige Hundertstel Grade kälter als im unveränderten Zustande.

Ueber die Temperaturverhältnisse der Kalk- und Magnesiaböden während der kalten Jahreszeit geben zwar vorliegende Untersuchungen keine Auskunft, aber aus ihrem Verhalten während der wärmeren Jahreszeit, sowie aus den Ergebnissen der einschlägigen Beobachtungen bei den übrigen Hauptbodenarten läßt sich mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit annehmen, daß die in Rede stehenden Böden im Allgemeinen zu der bezeichneten Jahreszeit kälter sein werden als die Humusböden, aber wärmer als Thon (Lehm) und Quarzsand.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 19.

Bei Zusammenfassung der im Vorstehenden mitgetheilten Versuchsresultate lassen sich folgende Sätze aufstellen.

1. Die Kalk- und Magnesiaböden besitzen ein wesentlich geringeres Erwärmungs- und Erkaltungsvermögen als die übrigen Mineralböden; sie sind daher während der wärmeren Jahreszeit kälter, während der kälteren Jahreszeit wärmer als letztere.

2. Hinsichtlich der Durchschnittstemperatur zeigen die Kalk- und Magnesiaböden ein dem Hochmoorboden fast gleichkommendes Verhalten (Versuch VI und VII), weichen aber in dieser Beziehung von dem Niederungsmoorboden insofern ab, als dieser nicht unwesentlich wärmer ist[1]).

3. Im Allgemeinen ist daher der Quarzsand während der wärmeren Jahreszeit am höchsten temperirt, dann folgt in absteigender Reihe der Thon (Lehm), während der Kalk und die Magnesia, sowie der Humus in der Regel die niedrigste Temperatur aufweisen. Während der kälteren Jahreszeit verhalten sich die bezeichneten Bodenarten umgekehrt.

4. Die Temperaturschwankungen sind in den Kalk- und Magnesiaböden durchschnittlich geringer als in den übrigen Bodenarten mineralischen Ursprungs.

5. Die bezüglich der Wärmeverhältnisse zwischen den verschiedenen Kalkböden und dem Magnesiaboden bestehenden Unterschiede treten während des Sommerhalbjahres in der Weise in die Erscheinung, daß der schwefelsaure Kalk (Gips) im Durchschnitt am wärmsten, die kohlensaure Magnesia (Magnesit) am kältesten ist und der kohlensaure Kalk (Marmor) in dieser Beziehung in der Mitte steht.

6. Die Temperaturextreme sind in dem Gips wesentlich geringer als in den beiden anderen Materialien, von welchen wiederum der kohlensaure Kalk (Marmor) die größten Wärmeschwankungen zeigt.

7. Im krystallinischen Zustande scheint das Kalkkarbonat (Marmor) ein größeres Erwärmungs- und Erkaltungsvermögen zu besitzen als bei erdiger Beschaffenheit (gefällter kohlensaurer Kalk).

8. Die Beimischung von kohlensaurem Kalk zu anderen Mineralböden (Thon, Quarzsand u. s. w.) hat eine dem Kalkgehalt entsprechende Er-

---

[1]) In dieser Beziehung sind die Ergebnisse der Versuche IV und V (Marmor) mit jenen der Versuche I und II des folgenden Abschnittes (III), und zwar mit den bei dem «Torf ohne Kalk» angegebenen Daten, zu vergleichen.

niedrigung der Bodentemperatur und Verminderung der Temperaturschwankungen zur Folge.

III. Die Temperaturverhältnisse der eisenreichen Bodenarten.

In den vorliegenden Versuchen wurden dieselben Einrichtungen benutzt, wie in Reihe II. Die 75 L. Boden fassenden, bis 2 cm unter dem Rande eingegrabenen Holzrahmen wurden theils mit Quarzsand, theils mit zerkleinertem Niederungsmoortorf (von Schleißheim bei München) gefüllt, und zwar einerseits in unverändertem Zustande, andererseits nach Beimischung von je 8 kg Eisenoxyd. Der Sand erhielt dadurch eine dunkelrothbraune, der Torf eine hellbraune Farbe.

Die Ablesungen an den, bis zu 15 cm Tiefe in den Boden eingesenkten Thermometern wurden, wie in den übrigen Versuchen um 7 h a. m. und 5 h p. m. vorgenommen.

Ueber die fünftägigen und Monats-Mittel der Bodentemperatur (° C.) geben die folgenden Tabellen Auskunft[1]):

Versuch I (1892).

Bodentemperatur in 15 cm. Tiefe.

April.

Datum	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
			Quarzsand		Torf		Quarzsand		Torf	
			mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd
1.— 5.	—	10,15	9,92	9,48	8,85	8,87	13,3	11,2	4,6	4,2
6.—10.	—	9,83	10,85	10,40	10,30	10,43	13,0	10,5	2,3	2,2
11.—15.	10,10	8,75	9,60	9,37	9,80	9,96	10,4	8,9	1,8	1,8
16.—20.	23,72	3,13	5,47	5,40	5,87	6,03	6,6	6,1	2,4	2,4
21.—25.	6,88	6,92	7,00	6,89	6,23	6,39	8,4	8,1	3,2	3,1
26.—30.	36,08	5,76	7,66	7,55	8,10	8,30	8,7	8,7	2,6	2,5
Mittel:	(76,78)	7,43	**8,41**	**8,18**	**8,19**	**8,33**	**10,06**	**8,91**	**2,81**	**2,70**

[1]) Bezüglich des Witterungsverlaufes sind die ausführlichen Angaben in Versuch IV und V, Abschnitt II, zu vergleichen.

Mai.

Datum	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
			Quarzsand		Torf		Quarzsand		Torf	
			mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd
1.— 5.	3,42	7,42	8,19	8,07	7,06	7,23	9,5	8,2	5,0	5,3
6.—10.	11,92	6,42	7.76	7,88	7,66	8,01	9,3	9,2	3,2	3,7
11.—15.	—	12,97	13,77	13,36	12,00	12,38	11,8	9,0	4,4	4,3
16.—20.	8,28	11,45	12,06	12,07	12,29	12,63	9,3	8,7	3,6	3,3
21.—25.	8,30	14,62	15,12	14,94	13,72	13,97	15,2	13,9	5,2	5,0
26.—31.	—	20,96	22,27	21,15	20,45	20,69	16,6	12,8	7,0	6,5
Mittel:	(31,92)	12,59	**13,49**	**13,17**	**12,46**	**12,75**	**11,95**	**10,30**	**4,73**	**4,68**

Juni.

1.— 5.	51,42	16,38	18,09	18,19	18,78	19,16	9,9	9,6	3,0	3,0
6.—10.	46,10	12,87	14,42	14,48	14,18	14,50	12,5	12,7	4,5	4,7
11.—15.	14,74	16,63	17,26	17,18	17,02	17,53	11,1	10,6	2,9	2,7
16.—20.	47,42	13,16	15,21	15,18	14,80	15,10	8,6	8,8	1,8	1,6
21.—25.	8,22	17,39	19,04	19,07	18,12	18,65	11,5	10,5	4,3	4,2
26.—30.	10,12	18,41	20,11	20,11	18,86	19,30	14,4	12,7	5,2	5,3
Mittel:	(178,02)	15,81	**17,35**	**17,36**	**16,96**	**17,37**	**11,33**	**10,81**	**3,62**	**3,58**

Juli.

1.— 5.	37,78	17,04	21,41	20,66	20,34	20,64	17,2	13,2	4,4	3,6
6.—10.	4,34	19,22	21,35	21,01	19,72	20,23	15,8	13,1	6,2	6,0
11.—15.	28,30	16,30	19,19	19,24	19,81	20,31	13,2	12,7	6,0	6,2
16.—20.	38,42	13,99	16,43	16,52	16,04	16,38	9,7	9,5	2,6	2,6
21.—25.	47,38	14,09	17,08	17,15	15,81	16,14	11,0	10,4	4,7	4,7
26.—31.	—	18,20	21,35	20,58	19,78	20,17	14,2	11,0	5,1	4,3
Mittel:	(156,22)	16,53	**19,53**	**19,23**	**18,62**	**19,02**	**13,51**	**11,65**	**4,83**	**4,56**

August.

1.— 5.	7,20	14,84	17,93	17,98	18,35	18,76	10,4	9,1	5,8	5,4
6.—10.	14,94	17,55	19,74	19,42	19,22	19,43	13,3	11,0	3,7	3,1
11.—15.	2,00	18,50	20,02	19,82	18,84	19,10	16,1	13,3	5,6	5,0
16.—20.	—	24,62	26,22	25,10	24,45	24,51	13,2	10,3	3,6	3,2
21.—25.	10,00	21,01	24,30	23,85	23,37	23,50	11,8	9,3	3,4	3,0
26.—31.	1,74	18,62	21,78	21,40	21,10	21,35	14,2	10,5	3,9	3,3
Mittel:	(35,88)	19,17	**21,70**	**21,27**	**20,89**	**21,11**	**13,16**	**10,58**	**4,33**	**3,83**

September.

Datum	Niederschlagsmenge mm	Lufttemperatur	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
			Quarzsand		Torf		Quarzsand		Torf	
			mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd	mit Eisenoxyd	ohne Eisenoxyd
1.— 5.	74,38	12,91	15,59	15,76	17,03	17,46	10,4	7,7	8,8	8,6
6.—10.	70,62	8,50	10,54	10,70	10,67	10,96	6,0	5,4	1,9	1,6
11.—15.	—	15,61	16,38	16,25	14,67	15,03	16,2	14,4	7,3	6,4
16.—20.	23,74	15,66	17,26	17,26	17,00	17,38	11,8	9,8	3,8	3,6
21.—25.	33,88	16,87	17,25	17,44	16,94	17,16	7,0	6,6	2,2	1,8
26.—30.	3,30	15,90	17,04	17,35	16,90	17,20	8,8	8,3	2,4	2,1
Mittel:	(205,92)	14,24	**15,67**	**15,79**	**15,53**	**15,86**	**10,03**	**8,70**	**4,40**	**4,01**

Versuch II (1898).

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe.

April.

1.— 5.	—	8,34	9,01	8,81	7,61	7,81	9,3	8,9	2,3	2,7
6.—10.	—	7,58	9,53	9,49	8,87	9,16	8,8	7,2	1,2	1,3
11.—15.	—	5,38	9,77	9,55	8,95	9,25	9,4	7,4	1,5	1,6
16.—20.	—	10,01	11,56	11,08	10,09	10,30	11,0	8,1	2,9	2,7
21.—25.	—	12,01	14,71	13,75	12,99	13,12	12,0	8,6	1,6	1,4
26.—30.	0,30	13,92	16,72	15,91	15,32	15,57	11,8	7,8	2,8	3,2
Mittel:	(0,30)	9,54	**11,88**	**11,43**	**10,64**	**10,87**	**10,37**	**8,00**	**2,05**	**2,15**

Mai.

1.— 5.	5,78	9,76	13,46	13,30	13,43	13,63	12,4	9,1	3,0	3,2
6.—10.	7,98	5,49	9,18	9,27	9,30	9,54	7,3	7,7	2,2	2,2
11.—15.	0,74	12,86	14,44	14,12	12,70	12,95	15,9	14,5	6,6	7,0
16.—20.	3,70	15,71	17,83	17,62	17,13	17,50	10,3	8,9	2,9	2,8
21.—25.	28,24	16,65	17,54	17,58	16,91	17,31	13,6	12,4	5,0	5,3
26.—31.	28,38	12,03	14,67	14,84	13,83	14,18	13,1	13,0	3,3	3,9
Mittel:	(74,82)	12,08	**14,51**	**14,47**	**13,91**	**14,18**	**12,10**	**10,93**	**3,83**	**4,06**

Juni.

1.— 5.	11,18	11,93	13,94	14,25	13,69	14,00	10,0	11,4	1,2	1,5
6.—10.	6,24	14,88	16,67	16,83	14,91	15,40	13,4	12,5	4,9	5,6
11.—15.	2,42	15,02	18,84	18,63	17,45	18,08	13,6	12,5	2,8	2,9
16.—20.	1,24	19,15	22,50	21,97	20,25	20,67	14,0	11,9	4,8	5,0
21.—25.	38,38	15,88	18,13	18,54	18,32	18,69	8,6	10,0	5,3	5,0
26.—30.	15,78	18,92	20,24	20,35	18,36	18,91	14,7	14,8	6,1	6,7
Mittel:	(75,24)	15,96	**18,39**	**18,42**	**17,16**	**17,62**	**12,38**	**12,18**	**4,38**	**4,45**

Juli.

Datum	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur Quarzsand mit Eisen-oxyd	Bodentemperatur Quarzsand ohne Eisen-oxyd	Bodentemperatur Torf mit Eisen-oxyd	Bodentemperatur Torf ohne Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Quarzsand mit Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Quarzsand ohne Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Torf mit Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Torf ohne Eisen-oxyd
1.— 5.	1,10	20,24	23,04	22,97	21,28	21,95	12,0	11,4	2,2	2,8
6.—10.	35,42	19,65	22,26	22,24	21,14	21,66	12,4	11,5	2,0	2,3
11.—15.	42,38	16,53	18,49	18,75	18,67	18,98	7,9	9,1	4,9	4,3
16.—20.	15,24	15,85	17,84	17,97	16,55	16,90	13,6	12,9	2,7	3,2
21.—25.	17,12	18,74	21,39	21,12	19,31	19,94	13,4	11,4	2,3	2,9
26.—31.	114,44	15,44	18,20	18,04	17,78	18,23	8,6	8,9	5,6	6,0
Mittel:	(215,70)	17,65	**20,14**	**20,11**	**19,08**	**19,56**	**11,31**	**10,86**	**3,28**	**3,58**

August.

Datum	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur Quarzsand mit Eisen-oxyd	Bodentemperatur Quarzsand ohne Eisen-oxyd	Bodentemperatur Torf mit Eisen-oxyd	Bodentemperatur Torf ohne Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Quarzsand mit Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Quarzsand ohne Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Torf mit Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Torf ohne Eisen-oxyd
1.— 5.	15,28	15,43	18,19	18,09	16,48	16,95	15,8	14,6	4,4	4,9
6.—10.	11,74	15,51	18,81	18,68	17,11	17,63	14,3	12,7	3,5	4,2
11.—15.	—	17,98	22,32	21,32	19,93	20,71	11,5	9,2	2,6	3,4
16.—20.	—	21,09	24,09	23,10	22,11	22,66	13,1	10,1	3,4	3,5
21.—25.	12,50	21,50	24,16	23,90	23,52	23,98	13,0	10,5	2,9	3,0
26.—31.	14,24	13,35	17,35	17,63	17,17	17,60	11,0	9,7	4,3	4,8
Mittel:	(53,76)	17,34	**20,74**	**20,36**	**19,31**	**19,84**	**13,11**	**11,30**	**3,52**	**3,96**

September.

Datum	Nieder-schlags-menge mm	Luft-temperatur	Bodentemperatur Quarzsand mit Eisen-oxyd	Bodentemperatur Quarzsand ohne Eisen-oxyd	Bodentemperatur Torf mit Eisen-oxyd	Bodentemperatur Torf ohne Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Quarzsand mit Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Quarzsand ohne Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Torf mit Eisen-oxyd	Temperaturschwankungen Torf ohne Eisen-oxyd
1.— 5.	22,54	11,55	15,39	15,40	15,32	15,67	10,0	9,7	3,4	3,7
6.—10.	18,08	15,96	16,51	16,53	16,07	16,40	8,4	7,8	2,5	2,6
11.—15.	—	14,73	16,83	16,61	15,31	15,64	11,3	9,9	3,1	3,5
16.—20.	18,24	14,97	16,08	16,07	16,14	16,59	12,6	11,7	4,2	4,7
21.—25.	28,12	10,92	13,19	13,28	13,55	13,70	9,8	10,0	3,9	4,1
26.—30.	2,74	11,70	12,92	13,05	12,18	12,35	8,6	8,0	1,6	1,9
Mittel:	(89,72)	13,30	**15,15**	**15,15**	**14,74**	**15,05**	**10,11**	**9,51**	**3,01**	**3,41**

Mittel sämmtlicher Beobachtungen.

	Versuch I (1892).		**Versuch II (1893).**	
Niederschlagsmenge mm:	684,74		509,54	
Lufttemperatur:	14,29		14,31	
Bodenart:	Boden-temperatur	Temperatur-schwan-kungen	Boden-temperatur	Temperatur-schwan-kungen
Quarzsand mit Eisenoxyd . .	**16,03**	11,67	**16,80**	11,56
» ohne » . .	**15,83**	10,16	**16,66**	10,49
Torf mit Eisenoxyd	**15,44**	4,12	**15,81**	3,34
» ohne »	**15,74**	3,89	**16,19**	3,60

Wie diese Daten erkennen lassen, war der Einfluß des Eisens auf die Bodentemperatur im Durchschnitt verhältnißmäßig gering und im Uebrigen bei den beiden in Anwendung gebrachten Bodenarten in auffälliger Weise verschieden. Bei dem Quarzsand ergab sich, daß derselbe durch die Beimischung des Eisenoxyds eine Erhöhung seiner Temperatur erfahren hatte, während bei dem Torf dadurch gerade die entgegengesetzten Erscheinungen hervorgerufen wurden. Außerdem sprechen die mitgetheilten Zahlen dafür, daß das Eisen je nach dem Gange der äußeren Temperatur auf die Wärmeverhältnisse des Quarzsandes eine verschiedene Wirkung ausgeübt hatte, und zwar in der Weise, daß die vergleichsweise stärkere Erwärmung des eisenreichen Sandes vornehmlich bei steigender und höherer Temperatur sich geltend machte, während bei sinkender und niedriger Temperatur der mit Eisenoxyd versehene Sand etwas kälter war als der unveränderte. Bei dem Torf machten sich derartige Unterschiede nicht bemerklich, denn, wie die in den obigen Tabellen angeführten Zahlen zur Genüge zeigen, wurde bei dieser Bodenart die Temperatur durchgängig durch das Eisenoxyd herabgedrückt.

In Bezug auf die Schwankungen der Temperatur ergab sich, daß diese bei dem Quarzsande durch das Eisen eine Erhöhung erfahren hatten. Bei dem Torf waren die diesbezüglichen Resultate in den beiden Jahren nicht übereinstimmend, denn der Einfluß des Eisens war bei dieser Bodenart im Jahre 1892 derselbe wie bei dem Quarzsande, im Jahre 1893 dagegen der entgegengesetzte.

Zur Beurtheilung des Zustandekommens der Mitteltemperaturen wird es auch in dem vorliegenden Falle geboten erscheinen, den Gang der Temperatur, wie in den bisherigen Untersuchungen, zur Darstellung zu bringen. Zu diesem Zweck wurden die mittleren Morgen- und Abendtemperaturen berechnet und in folgender Tabelle übersichtlich zusammengestellt:

Mittlere Morgen- und Abendtemperaturen.

1898.

April.

Datum:	1.—5.		6.—10.		11.—15.		16.—20.		21.—25.		26.—30.		Mittel	
Bodenart:	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
Sand m. Eisen	4,90	13,12	5,94	13,12	5,96	13,58	7,82	15,30	10,24	19,18	10,50	22,94	**7,56**	**16,21**
» o. »	4,96	12,66	6,44	12,54	6,62	12,48	8,46	13,70	10,78	17,22	13,44	18,38	**8,45**	**14,49**
Torf m. Eisen	7,36	7,86	8,76	8,98	8,76	9,14	9,78	10,40	12,64	13,34	15,00	15,64	**10,38**	**10,89**
» o. »	7,48	8,14	9,02	9,30	9,00	9,50	9,98	10,62	12,72	13,52	15,16	16,38	**10,56**	**11,24**

Mai. 26.—31.

Sand m. Eisen	10,66	16,20	6,76	11,60	9,86	19,02	15,02	20,64	14,46	20,62	11,85	17,49	**11,43**	**17,59**
» o. »	11,54	15,06	6,68	11,86	9,78	18,46	15,06	20,18	14,60	20,56	11,95	17,73	**11,60**	**17,31**
Torf m. Eisen	13,36	13,50	9,20	9,40	11,94	13,46	16,88	17,38	16,60	17,22	13,63	14,03	**13,61**	**14,17**
» o. »	13,50	13,76	9,56	9,50	12,06	13,84	17,30	17,70	16,98	17,64	13,90	14,46	**13,88**	**14,48**

Juni. 26.—30.

Sand m. Eisen	10,50	17,38	12,56	20,78	14,22	23,46	17,74	27,26	16,12	20,14	16,38	24,10	**14,59**	**22,19**
» o. »	10,70	17,80	12,72	21,04	14,36	22,90	17,96	25,98	16,36	20,72	16,44	24,26	**14,75**	**22,11**
Torf m. Eisen	13,52	13,86	14,48	15,34	17,00	17,90	19,82	20,68	18,60	18,04	17,92	18,80	**16,89**	**17,43**
» o. »	13,68	14,32	14,84	15,96	17,46	18,70	20,14	21,20	18,88	18,50	18,34	19,48	**17,22**	**18,02**

Juli. 26.—31.

Sand m. Eisen	18,16	27,92	18,04	26,48	16,40	20,58	14,62	21,06	17,64	25,14	16,87	19,53	**16,95**	**23,45**
» o. »	18,28	27,66	18,02	26,46	16,54	20,94	14,68	21,26	17,64	24,60	16,62	19,46	**16,96**	**23,39**
Torf m. Eisen	20,78	21,78	20,84	21,44	18,70	18,64	16,28	16,82	19,00	19,62	17,92	17,64	**18,92**	**19,32**
» o. »	21,30	22,60	21,22	22,10	18,94	19,02	16,54	17,26	19,50	20,38	18,33	18,13	**19,30**	**19,92**

August. 26.—31.

Sand m. Eisen	14,48	21,90	14,52	23,10	17,36	27,28	18,82	29,36	20,80	27,52	13,92	20,78	**16,65**	**24,99**
» o. »	14,52	21,66	14,64	22,72	17,56	25,08	19,26	26,94	21,14	26,66	14,13	21,13	**16,86**	**24,03**
Torf m. Eisen	16,16	16,80	16,74	17,48	19,58	20,28	21,56	22,66	23,38	23,66	16,87	17,47	**19,05**	**19,72**
» o. »	16,52	17,38	17,10	18,16	20,18	21,24	21,98	23,34	23,72	24,24	17,18	18,02	**19,45**	**20,39**

September. 26.—30.

Sand m. Eisen	12,64	18,14	14,04	18,98	13,34	20,32	13,34	18,82	11,34	15,04	10,30	15,54	**12,50**	**17,80**
» o. »	12,74	18,06	14,08	18,98	13,46	19,76	13,44	18,70	11,50	15,06	10,40	15,70	**12,60**	**17,71**
Torf m. Eisen	15,42	15,22	15,86	16,28	15,00	15,62	16,04	16,24	13,32	13,78	11,98	12,38	**14,60**	**14,92**
» o. »	15,66	15,68	16,12	16,68	15,24	16,04	16,36	16,82	13,40	14,00	12,10	12,60	**14,81**	**15,30**

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache, daß der eisenreiche Sand zur Zeit des täglichen Maximums (Abends), besonders bei steigender und höherer Temperatur in der Regel wärmer, zur Zeit des täglichen Minimums (Morgens) dagegen fast ausnahmslos kälter war als der eisenfreie. Bei dem Torf wurden sowohl die Morgen- als auch die Abendtemperaturen durch die Beimischung von Eisenoxyd herabgedrückt.

Die Erklärung der Ursachen der geschilderten Erscheinungen bietet große Schwierigkeiten, insofern die Unterschiede in der Beeinflussung der Bodentemperatur durch das Eisen sich nicht ohne Weiteres auf solche in der Wärmekapazität und Wärmeleitungsfähigkeit der betreffenden Bodenbestandtheile zurückführen lassen. Das Eisenoxyd besitzt wegen seines hohen Volumgewichtes eine höhere spezifische Wärme als die beiden in den vorliegenden Versuchen benutzten Bodenarten. Sein Wärmeleitungsvermögen ist nach den vorliegenden Untersuchungen wesentlich geringer als jenes des Quarzsandes, aber erheblich besser als dasjenige des Humus (Torf)[1]. Wären diese Eigenschaften des Eisens maßgebend, so hätte dasselbe bei dem Quarzsand die Erwärmung desselben, sowie die Temperaturextreme herabdrücken, bei dem Torf die entgegengesetzte Wirkung ausüben müssen. In Wirklichkeit gestalteten sich aber diese Verhältnisse umgekehrt, woraus zu schließen ist, daß die bezeichneten Eigenthümlichkeiten des Eisenoxyds durch Nebeneinflüsse verdeckt wurden.

Zu diesen ist vor Allem der Einfluß der Farbe zu rechnen. Wie bereits angeführt, wurde durch die Beimischung von Eisenoxyd der an sich fast weiß erscheinende Sand dunkelbraun gefärbt. Zieht man nun die Thatsache[2]) in Betracht, daß der Boden bei annähernd gleicher substantieller Beschaffenheit während der wärmeren Jahreszeit eine um so höhere Temperatur annimmt und um so größere Temperaturschwankungen aufweist, je dunkler seine Farbe ist, so dürften sich zunächst die bei dem Sande ermittelten Resultate auf die durch das Eisenoxyd hervorgerufenen Abänderungen in der Farbe in ungezwungener Weise erklären lassen. Daß aber hierdurch nicht allein der Einfluß des Eisenoxyds auf die Temperatur des Sandes bedingt war, macht der Umstand

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 20.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 327.

sehr wahrscheinlich, daß nach den früheren Untersuchungen über die Abhängigkeit der Wärme des Erdreiches von dessen Farbe zur Zeit des täglichen Temperaturminimums die Temperaturen der verschieden gefärbten Böden annähernd gleich sind, während in vorliegenden Versuchen der dunkelbraune eisenreiche Sand fast ausnahmslos kälter war als der weiße unveränderte. Dies deutet darauf hin, daß durch die Beimengung von Eisenoxyd die Wärmeleitungsfähigkeit des Sandes gefördert worden war. In dem Betracht, daß diese Substanz an sich die Wärme schlechter leitet als der Quarzsand, läßt sich die bezeichnete Wirkung nur dadurch erklären, daß durch Einlagerung der äußerst feinen Eisenoxydpartikel in die zwischen den Sandkörnern befindlichen Hohlräume die Bodenmasse, in ähnlicher Weise wie durch den gefällten kohlensauren Kalk in Versuch VI, Abschnitt II, eine kompaktere, dichtere Masse gebildet und in Folge dieser Eigenschaft die Wärme besser geleitet habe[1]). Für diese Ansicht spricht, daß in der That der eisenreiche Sand ungleich dichter gelagert erschien als der eisenfreie.

Das eigenthümliche oben näher geschilderte Verhalten des durch Eisenoxyd bereicherten, an sich schwarz gefärbten Torfes dürfte sich auf ähnliche Ursachen zurückführen lassen. Indem durch das Eisenoxyd dem Boden eine hellere Farbe ertheilt worden war, konnte sich derselbe nicht so stark erwärmen als der unveränderte. Die vergleichsweise stärkere Abkühlung des eisenreichen Bodens während der Nacht ist zweifellos dem Umstande zuzuschreiben, daß derselbe durch die Beimengung eines mit einem größeren Wärmeleitungsvermögen ausgestatteten Materials der äußeren Temperatur in höherem Grade folgen konnte als im natürlichen Zustande.

Wenngleich diese Versuche keineswegs als erschöpfend angesehen werden können, so dürften dieselben dennoch im Zusammenhalt mit anderweitigen Beobachtungen die Annahme berechtigt erscheinen lassen:

1) daß die Eisenverbindungen (Eisenoxyd) auf die Temperaturverhältnisse der Böden einen verhältnißmäßig geringen Einfluß ausüben;

2) daß letzterer je nach der Farbe, welche dem Boden durch das Eisen ertheilt wird, sich verschieden gestaltet, und zwar in der Weise, daß die Bodentemperatur bei dunklerer Färbung eine Erhöhung (Quarzsand),

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 20.

bei hellerer eine Verminderung (Torf) erfährt, und daß dementsprechend die Temperaturschwankungen ausfallen;

3) daß das Eisenoxyd im Uebrigen bei grobkörnigen Sandböden durch Einlagerung der feinen Theilchen in die Poren die Bildung einer dichteren, die Wärme besser leitenden Masse veranlaßt, bei Humusböden an sich der Wärmeleitungsfähigkeit derselben förderlich ist.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CI. Untersuchungen über die Beeinflussung der physikalischen Eigenschaften des Moorbodens durch Mischung und Bedeckung mit Sand.

(Zweite Mittheilung.)

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

III. Die Grundwasserstände in dem besandeten, in dem mit Sand gemischten und in dem unveränderten Moorboden.

In der ersten Mittheilung[1]) über die Feuchtigkeitsverhältnisse des besandeten und unveränderten Moorbodens wurde von dem Referenten der Nachweis erbracht, daß unter sonst gleichen Verhältnissen aus dem unbesandeten Moor die geringsten Wassermengen unterirdisch abgeführt werden, beträchtlich größere aus dem in den oberen Schichten mit Sand gemischten Moor, daß aber die größten Sickerwassermengen von dem mit Sand bedeckten Moorboden geliefert werden. In Rücksicht auf die bezüglichen sehr beträchtlichen Unterschiede wird a priori geschlossen werden müssen, daß für den Fall, wo der Abfluß des Wassers aus dem Boden gehindert ist, das sich bildende Grundwasser eine verschiedene Höhe einnehmen werde, je nachdem der Boden in der geschilderten Weise mit Sand versehen ist oder sich im unveränderten Zustande befindet. In-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 230.

wieweit diese Voraussetzung den thatsächlichen Verhältnissen entspräche, suchte Referent in der Weise festzustellen, daß zwei Zinkgefäße von quadratischem, 500 qcm fassendem Querschnitt und 110 cm Höhe mit Hochmoortorf (Mull aus dem Haspelmoor, Oberbayern), resp. mit grob zerkleinertem Niederungsmoortorf (von Schleißheim bei München) in einer 1 m hohen Schicht beschickte, und in vier anderen ebensolchen Gefäßen die 90 cm mächtige Moorschicht mit einer 10 cm hohen Decke von Quarzsand (aus der Nürnberger Gegend) versah, welche in zwei Apparaten mit dem darunterliegenden Torf derart gemischt wurde, daß die obere Partie der Bodensäule bis zu einer Tiefe von 20 cm aus einem Gemenge von Sand und Moor bestand.

Jedes Gefäß war mit einem durchlöcherten Boden versehen, unter welchem ein pyramidenförmiger Trichter angebracht war, der zur Aufnahme des von dem Erdreich nicht festgehaltenen Wassers diente. An der tiefsten Stelle des Trichters war ein Abflußrohr angesetzt, welches durch einen Kautschukschlauch mit einer an der äußeren Wand des die Apparate einschließenden Kastens befestigten und mit einer Skala versehenen Wasserstandsröhre von 5 mm Durchmesser verbunden war. Um den Gefäßen eine unverrückbare Aufstellung geben zu können, war an denselben an der Stelle, wo sich der Trichter ansetzte, ein 10 cm hoher Stützrand angelöthet. Der Holzkasten, in welchem die Apparate in einer Entfernung von 20 cm nebeneinander aufgestellt waren, war oben durch ein Deckbrett abgeschlossen, welches an den Stellen, an welchen die Zinkgefäße standen, mit einem entsprechenden, eng anschließenden Ausschnitt versehen war. Der mit Luft erfüllte Hohlraum zwischen dem Holzkasten und den Zinkblechgefäßen diente zur Hintanhaltung einer stärkeren Erwärmung des Erdreiches [1]).

Die Füllung der Gefäße mit dem Versuchsboden im feuchten Zustande erfolgte Ende März 1894. Grundwasser bildete sich erst Anfangs Mai. Am 1. Oktober wurden die Kautschukschläuche entfernt, die überschüssigen Wassermengen abgelassen und gemessen. Während des Winters wurde die ganze Versuchsvorrichtung ringsum mit einer dicken Strohschicht umgeben und an der Oberfläche mit starken Brettern bedeckt.

---

[1]) Vergl. die Abbildung der betreffenden Versuchseinrichtung in dieser Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 393.

Im März 1895 wurden die Kautschukschläuche neuerdings eingefügt und die Grundwasserstände wie im Vorjahr täglich um 5 h p. m. abgelesen.

Die Nullpunkte der Skalen, welche sich mit dem Siebboden in einer Horizontalebene befanden, lagen 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Die während des Sommerhalbjahres 1894 und 1895 angestellten Beobachtungen wurden in der Weise zusammengezogen, daß für die Pentaden der mittlere Grundwasserstand berechnet wurde. Die bezüglichen Werthe, sowie die Monatsmittel und die Maxima und Minima der Grundwasserstände sind in folgenden Tabellen[1]) übersichtlich zusammengestellt worden:

---

[1]) Die betreffenden Zahlen bezeichnen den jeweiligen Stand des Grundwassers über dem Nullpunkt.

Versuch I (1894).

Datum	Lufttemperatur	Niederschlagsmenge	Grundwasserstände (cm)																	
			Hochmoorboden									Niederungsmoorboden								
			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt		
	%	mm	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
1.–5. Mai	7,75	38,10	1,90	2,7	—	4,30	5,5	—	6,68	8,8	3,5	4,10	6,7	—	5,94	8,3	1,3	10,64	13,1	6,1
6.–10. »	11,03	3,62	3,50	3,6	3,2	6,46	6,6	6,8	9,88	10,0	9,8	8,74	9,6	7,7	10,18	10,5	9,4	15,38	16,0	14,4
11.–15. »	10,96	26,67	6,08	6,8	4,3	9,58	10,3	7,6	13,68	14,3	11,8	12,42	13,8	10,0	14,20	15,6	11,5	19,80	21,2	17,5
16.–20. »	15,08	0,15	4,98	6,3	3,5	9,10	9,9	8,1	13,12	13,9	12,1	13,66	14,0	12,8	15,66	16,3	14,9	21,14	21,5	20,1
21.–25. »	13,73	14,75	5,16	6,6	3,8	9,98	11,2	8,7	14,68	15,8	12,9	14,52	15,8	13,5	16,90	17,8	15,8	22,54	24,1	21,2
26.–31. »	9,96	66,40	12,32	16,0	5,0	17,62	21,1	9,7	22,53	26,0	14,3	21,95	26,4	14,4	25,02	29,4	16,4	31,32	35,5	23,6
Mittel:	11,37	(149,69)	5,75	—	—	9,63	—	—	13,72	—	—	12,87	—	—	14,98	—	—	20,53	—	—
1.–5. Juni	15,66	17,82	17,14	17,8	16,7	22,42	23,0	21,8	28,18	29,0	27,2	28,84	30,3	27,4	31,66	33,2	30,2	38,38	40,3	36,1
6.–10. »	13,89	18,75	17,26	18,4	16,3	22,78	24,0	21,7	29,14	30,1	28,6	31,04	31,7	30,5	33,32	34,3	32,6	40,34	41,0	39,8
11.–15. »	10,22	50,37	22,22	25,3	18,7	28,02	31,3	24,3	35,22	38,8	31,4	36,04	39,7	32,4	40,40	44,8	36,0	46,38	50,2	42,6
16.–20. »	13,96	25,10	26,22	27,8	25,2	32,72	34,8	31,7	40,34	42,6	39,0	41,94	44,1	40,4	47,92	50,9	45,6	53,08	55,8	51,0
21.–25. »	16,94	4,00	27,18	28,4	24,3	34,90	35,3	33,3	42,80	43,4	41,6	45,08	46,0	44,4	52,40	53,6	51,3	57,50	59,2	56,0
26.–30. »	15,77	—	22,28	22,8	22,0	32,28	32,8	31,7	41,04	42,0	40,1	44,22	45,2	43,2	52,64	54,1	51,3	58,10	59,7	56,7
Mittel:	14,41	(116,04)	22,05	—	—	28,85	—	—	36,12	—	—	36,19	—	—	43,06	—	—	48,96	—	—
1.–5. Juli	18,56	5,90	21,92	23,1	20,1	32,96	34,7	30,8	42,54	43,4	41,4	45,88	46,9	44,3	55,06	56,3	53,1	60,92	62,0	59,5
6.–10. »	18,55	11,37	23,32	25,2	19,5	34,30	35,6	31,2	44,78	46,1	43,4	47,58	48,5	45,6	56,72	58,4	54,3	63,46	64,7	61,5
11.–15. »	16,97	39,85	26,38	30,3	22,0	36,38	40,5	32,6	48,56	56,6	48,5	49,56	53,0	45,8	59,30	62,8	54,8	67,16	70,0	62,2
16.–20. »	15,48	19,62	31,18	32,8	29,3	41,62	48,3	40,2	53,16	54,8	51,7	54,86	56,1	52,8	65,34	67,2	63,0	73,12	75,4	70,8
21.–25. »	22,09	—	32,60	33,2	32,0	44,74	46,3	43,7	57,52	61,6	55,4	56,98	57,5	56,2	69,52	70,2	68,4	78,22	78,4	77,5
26.–31. »	15,90	48,57	29,33	37,3	23,0	43,32	50,5	36,8	58,00	64,8	48,3	54,58	61,4	48,2	68,88	76,0	62,5	75,73	83,5	68,5
Mittel:	17,85	(125,31)	27,52	—	—	39,08	—	—	50,99	—	—	51,67	—	—	62,69	—	—	69,96	—	—

Datum	Lufttemperatur	Niederschlagsmenge	Grundwasserstände (cm)																	
			Hochmoorboden									Niederungsmoorboden								
			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt		
	%	mm	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
1.– 5. Aug.	15,68	30,75	40,00	43,0	38,0	53,42	56,0	51,0	65,98	67,8	61,5	65,56	68,3	62,6	80,42	82,5	77,8	90,60	94,1	86,8
6.–10. »	18,09	13,50	40,72	43,4	38,0	55,84	58,5	53,2	67,42	69,4	65,3	68,26	70,0	66,4	81,82	84,6	79,2	91,64	97,2	86,3
11.–15. »	13,65	32,05	42,14	48,0	37,0	57,48	64,8	53,1	70,34	74,7	66,0	71,02	76,8	67,3	85,32	91,0	81,1	98,68	105,2	91,2
16.–20. »	12,46	45,87	51,32	54,6	46,8	65,44	67,6	62,9	78,70	82,1	75,8	81,32	85,6	78,0	94,92	99,3	89,0	104,46	108,0	98,0
21.–25. »	17,27	4,25	54,00	55,0	52,3	68,60	70,6	67,4	82,14	82,7	81,4	86,04	87,5	84,8	96,26	100,2	89,8	100,88	108,0	92,2
26.–31. »	18,97	—	42,93	50,7	35,8	60,87	65,7	54,6	72,80	81,5	60,0	78,12	84,8	72,7	80,62	91,1	75,5	81,95	89,5	76,7
Mittel:	16,12	(126,42)	45,11	—	—	60,29	—	—	72,90	—	—	75,15	—	—	86,37	—	—	94,22	—	—
1.– 5. Sept.	15,96	28,62	42,68	48,6	38,0	62,62	68,1	60,4	76,40	79,7	70,7	75,86	79,1	73,8	79,54	83,2	77,2	82,90	87,4	79,9
6.–10. »	9,11	23,17	54,50	56,4	52,0	71,08	73,6	68,6	82,28	83,6	81,3	79,92	81,3	79,4	86,00	87,3	84,4	90,42	91,4	88,9
11.–15. »	8,88	—	52,60	55,0	49,0	69,00	74,2	65,6	81,54	83,0	79,3	75,06	78,7	70,4	86,08	88,1	83,7	89,04	91,7	86,1
16.–20. »	11,06	—	45,48	48,2	40,0	64,98	69,1	58,4	78,68	80,6	75,9	58,08	69,5	51,6	83,30	84,9	80,3	85,86	88,1	82,3
21.–25. »	13,91	28,25	52,04	59,0	46,2	70,86	78,6	62,3	86,68	92,7	80,2	57,44	63,0	52,5	91,54	102,0	84,1	94,06	99,4	87,2
26.–30. »	10,25	8,62	52,42	58,2	45,3	71,96	79,7	63,0	84,58	92,6	78,6	56,12	62,0	49,3	89,10	98,8	82,6	90,14	103,0	80,4
Mittel:	11,53	(88,66)	49,95	—	—	68,42	—	—	81,69	—	—	67,08	—	—	85,93	—	—	88,74	—	—

Versuch II (1895).

Datum	Lufttemperatur	Niederschlagsmenge	Grundwasserstände (cm)																	
			Hochmoorboden									Niederungsmoorboden								
			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt		
	%	mm	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
1.–5. April	4,19	8,92	—	—	—	4,10	6,2	2,0	4,50	6,6	2,9	0,08	0,2	—	0,10	0,3	—	1,25	1,8	0,1
6.–10. »	7,62	7,40	—	—	—	5,26	6,7	1,8	6,04	8,1	3,5	0,78	1,7	0,2	0,80	1,6	0,3	2,68	3,7	2,0
11.–15. »	6,68	4,05	—	—	—	3,16	5,7	—	5,52	8,2	1,4	0,38	1,7	—	0,72	1,7	0,2	2,58	3,7	2,0
16.–20. »	10,26	—	—	—	—	4,28	5,2	3,5	6,06	7,2	4,3	0,25	0,6	—	1,16	1,3	1,0	3,12	3,3	3,0
21.–25. »	12,08	34,75	3,40	8,7	—	9,20	16,1	2,4	11,42	18,1	3,6	3,14	7,2	—	3,72	7,7	0,6	5,46	9,7	2,3
26.–30. »	9,09	46,12	16,94	20,0	13,9	21,80	28,5	16,4	24,04	27,9	19,7	14,32	17,8	11,0	14,86	18,8	11,0	16,68	20,5	13,3
Mittel:	8,32	(101,24)	**3,39**	—	—	**7,97**	—	—	**9,60**	—	—	**3,16**	—	—	**3,56**	—	—	**5,29**	—	—
1.–5. Mai	10,39	15,00	19,00	21,6	16,1	26,96	31,0	21,2	28,64	31,5	24,5	19,76	21,0	18,2	20,46	21,7	18,4	22,96	24,7	20,1
6.–10. »	12,30	—	12,00	16,1	9,3	24,34	28,7	20,2	28,24	30,8	25,4	19,78	21,0	18,7	21,50	22,2	20,7	24,28	25,0	23,3
11.–15. »	13,31	11,55	7,14	8,3	6,2	21,36	23,3	19,3	27,08	28,5	25,6	18,80	18,9	17,7	21,38	21,6	20,7	24,40	24,5	24,1
16.–20. »	5,38	67,92	29,30	32,6	26,8	37,98	42,6	34,3	41,96	45,4	39,1	30,84	33,6	28,0	33,24	36,3	30,3	35,24	38,3	32,7
21.–25. »	13,10	15,48	32,08	35,2	28,3	45,34	47,8	43,4	47,62	48,7	46,8	36,90	38,0	35,3	40,96	41,9	38,3	42,54	43,2	40,3
26.–31. »	14,22	9,80	27,37	32,1	22,7	43,90	48,2	40,4	49,17	50,2	47,8	37,97	38,6	37,5	43,63	44,4	42,2	44,97	45,8	44,0
Mittel:	11,70	(119,75)	**21,35**	—	—	**33,65**	—	—	**37,51**	—	—	**27,68**	—	—	**30,63**	—	—	**32,81**	—	—
1.–5. Juni	16,49	43,07	29,18	35,0	22,0	46,10	50,1	42,5	52,70	55,7	50,1	41,32	45,2	37,7	48,40	52,8	44,5	49,06	52,3	45,6
6.–10. »	16,36	39,07	36,80	38,7	33,7	51,20	55,7	49,0	59,94	62,0	56,2	48,70	50,4	45,4	57,64	60,2	53,4	57,02	59,5	52,8
11.–15. »	12,69	19,05	41,12	42,2	38,2	53,12	54,7	50,9	64,62	66,5	63,2	53,18	54,3	52,2	64,48	65,7	62,8	62,08	63,3	61,0
16.–20. »	15,23	2,80	35,96	40,2	28,3	51,22	52,6	46,2	66,90	67,7	65,7	53,76	55,1	50,6	65,86	67,2	63,3	64,28	65,8	63,3
21.–25. »	14,46	58,37	49,68	51,7	45,1	62,30	64,2	57,6	77,10	78,8	72,1	64,70	66,5	61,8	78,52	80,3	74,4	76,34	78,2	72,7
26.–30. »	17,98	0,67	41,06	42,6	39,3	56,52	59,6	55,2	72,06	73,9	70,2	61,84	63,2	60,6	73,32	74,8	72,6	73,24	75,1	71,7
Mittel:	15,53	(163,03)	**38,63**	—	—	**53,41**	—	—	**65,55**	—	—	**53,92**	—	—	**64,70**	—	—	**63,67**	—	—

Datum	Lufttemperatur	Niederschlagsmenge	Grundwasserstände (cm)																	
			Hochmoorboden									Niederungsmoorboden								
			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt			unverändert			mit Sand gemischt			mit Sand bedeckt		
	%	mm	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.	Mittel	Max.	Min.
1.–5. Juli	18,41	13,20	34,80	38,5	31,0	52,62	59,8	49,2	70,10	74,6	67,6	60,16	62,6	58,5	70,76	72,7	69,0	71,68	74,8	69,8
6.–10. »	15,77	8,37	36,98	39,4	34,9	54,62	56,1	53,2	72,88	74,8	70,2	62,18	63,1	60,6	72,64	74,3	71,7	73,32	74,8	71,7
11.–15. »	18,03	10,50	30,30	32,7	28,2	50,88	53,8	48,1	71,46	73,8	67,9	59,14	61,8	56,5	68,70	71,2	66,3	71,14	73,2	69,0
16.–20. »	19,45	33,57	30,20	43,8	26,2	52,76	62,3	49,2	74,14	80,5	70,7	59,70	66,7	57,5	67,50	73,0	65,7	72,78	78,6	70,8
21.–25. »	17,80	7,20	39,78	42,8	38,1	59,86	62,6	57,6	79,22	81,8	77,0	64,70	66,7	63,2	72,02	73,7	70,5	77,98	80,2	76,4
26.–31. »	20,95	27,50	33,40	39,0	22,8	56,77	61,4	50,2	80,12	81,3	79,3	63,48	65,3	58,0	71,93	73,1	70,7	77,50	79,7	76,3
Mittel:	18,48	(100,34)	**34,14**	—	—	**54,65**	—	—	**74,83**	—	—	**61,62**	—	—	**70,64**	—	—	**74,18**	—	—
1.–5. Aug.	16,11	25,67	39,56	42,6	34,8	61,54	64,7	58,3	82,86	86,3	78,7	66,02	68,8	63,3	74,10	77,0	71,1	77,92	81,1	74,8
6.–10. »	16,15	10,47	42,68	45,5	38,8	64,24	66,3	62,0	85,58	89,7	82,7	67,98	69,5	66,7	75,30	77,3	73,9	79,70	82,2	77,7
11.–15. »	16,17	61,75	53,88	58,0	43,8	72,64	76,7	62,5	95,32	97,3	89,0	75,74	78,7	68,8	86,08	90,0	77,2	89,54	93,3	81,0
16.–20. »	14,98	2,25	52,16	56,4	49,7	71,42	75,2	69,5	96,88	97,3	96,6	73,50	76,3	72,3	83,08	87,4	81,2	85,08	90,6	83,0
21.–25. »	18,99	3,50	43,66	48,0	38,2	62,36	68,2	56,8	95,52	96,6	94,9	69,28	72,1	65,7	76,30	80,7	70,1	79,82	81,0	76,6
26.–31. »	17,53	3,62	39,77	42,0	36,1	53,03	56,0	49,3	92,73	94,9	86,8	65,97	67,5	64,5	73,62	76,3	69,0	76,27	78,1	74,9
Mittel:	16,68	(107,26)	**45,14**	—	—	**63,85**	—	—	**91,59**	—	—	**69,63**	—	—	**77,94**	—	—	**81,22**	—	—
1.–5. Sept.	19,89	—	35,34	35,7	34,7	45,66	46,7	45,1	80,06	80,4	79,3	62,22	63,2	60,3	71,10	71,7	70,3	74,36	75,2	72,7
6.–10. »	19,63	—	30,40	33,8	27,0	40,68	43,7	37,6	74,22	77,7	69,7	56,32	59,0	53,6	67,26	69,0	65,8	69,28	70,9	67,2
11.–15. »	13,05	16,50	24,28	27,0	21,7	37,00	39,2	33,4	67,68	73,6	63,1	51,36	54,3	48,7	64,58	68,0	61,5	65,16	69,4	61,5
16.–20. »	13,42	—	27,12	28,9	23,3	38,24	40,0	35,1	67,40	69,7	63,7	52,38	54,0	50,2	64,88	66,1	62,7	66,58	68,3	65,0
21.–25. »	13,20	—	22,98	24,7	21,5	34,46	36,3	33,0	64,70	67,9	61,8	49,88	51,3	48,7	62,48	64,2	61,2	64,92	67,3	63,3
26.–30. »	15,12	—	20,30	22,1	18,4	32,76	34,5	31,0	63,78	66,3	61,3	48,84	50,4	47,2	61,54	63,4	59,5	65,18	66,8	63,0
Mittel:	15,72	(16,50)	**26,74**	—	—	**38,13**	—	—	**69,64**	—	—	**53,50**	—	—	**65,31**	—	—	**67,58**	—	—

Bei Durchsicht dieser Zahlen erkennt man sofort, daß unter übrigens gleichen Umständen das Grundwasser in dem unveränderten Moorboden den niedrigsten Stand einnimmt; dann folgt das oberflächlich mit Sand gemischte Moor, während das mit Sand 10 cm hoch bedeckte den höchsten Grundwasserstand aufweist. Dieses Ergebniß steht sonach in vollständiger Uebereinstimmung mit jenem, welches bezüglich der Sickerwassermengen in dem Moorboden unter den in Rede stehenden Verhältnissen gewonnen wurde.

Dafür, daß der unbesandete Moorboden einen ungleich niedrigeren Grundwasserstand besitzt als der besandete, spricht der Umstand, daß das Erdreich in ersterem Fall, wie früher nachgewiesen wurde, sich in niederschlagsreicheren Perioden in höherem Grade sättigt, in Trockenperioden beträchtlich größere Wassermengen verdunstet und aus diesen Gründen weniger Wasser in die Tiefe abgiebt als in den Fällen, wo es mit Sand gemischt oder mit solchem bedeckt ist. Die hervorgetretenen Unterschiede in den beiden letzteren Zuständen des Moorbodens sind ungezwungen darauf zurückzuführen, daß die Verdunstung durch die Mischung der oberen Schichten des Moores mit Sand erhöht, durch die Bedeckung mit diesem Material hingegen wesentlich vermindert wird. In dem Maße, als die Verdunstung vermehrt ist, nimmt nothwendigerweise die zur Speisung des Grundwassers dienende Sickerwassermenge ab, weil zum Ersatz des verdunsteten Wassers um so größere Wassermengen aus den atmosphärischen Niederschlägen erforderlich sind, je stärker der Verdunstungsverlust ist. Aus diesem Grunde wird in dem Moorboden durch die Bedeckung desselben mit Sand ein höherer Grundwasserstand hervorgerufen als durch die Mischung desselben mit Sand in den oberen Partieen.

Was schließlich die am Schluß des Sommers im Jahre 1894 abgelassenen Wassermengen betrifft, so stellten sich dieselben wie folgt:

	Abgeflossene Wassermengen am 1. Oktober 1894		
	Unverändert	Mit Sand gemischt	Mit Sand bedeckt
	ccm	ccm	ccm
Hochmoorboden . . .	9462	13805	16090
Niederungsmoorboden .	9005	13465	15110.

Hierdurch wird von Neuem der Nachweis geliefert, daß die Sickerwassermengen in dem unveränderten Moorboden am geringsten, in dem

mit Sand bedeckten am größten sind, während der mit Sand gemischte in dieser Beziehung in der Mitte steht.

IV. Der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in dem besandeten, in dem mit Sand gemischten und in dem unveränderten Moorboden.

Die einschlägigen Untersuchungen von *R. Kißling* und *M. Fleischer*[1]) hatten ergeben, daß die aus dem unbesandeten Moore abgesogene Bodenluft an Kohlensäure erheblich reicher war als bei gleicher Tiefe aus dem mit Sand versehenen und daß der an der Oberfläche mit Sand gemischte weniger freie Kohlensäure enthielt als der mit Sand bedeckte. Diese Verschiedenheiten werden von genannten Forschern auf solche in der Zersetzung der moorbildenden Pflanzentheile zurückgeführt, indem sie darauf hinweisen, daß durch die Sanddecke der Luftzutritt zu dem darunterliegenden Moor behindert, der Wassergehalt des letzteren in übermäßiger Weise erhöht und dadurch die Oxydation der organischen Substanzen abgeschwächt werde[2]).

Zieht man die Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse des unveränderten und des in verschiedener Weise mit Sand behandelten Moorbodens, welche für die Zersetzung der organischen Stoffe von nicht minderem Belang sind wie der Luftzutritt, in Betracht, so muß die Thatsache, daß das unbesandete Moor fast ausnahmslos einen wesentlich höheren Kohlensäuregehalt besaß als das besandete, auffällig erscheinen, zumal dies auch bei trockener und heißer Witterung der Fall war, wo ersteres nicht allein beträchtlich trockener, sondern auch kälter und in Folge dessen weit weniger geeignet war, eine energische Oxydation der kohlenstoffhaltigen Bestandtheile zu unterhalten als letzteres. Von dieser

[1]) *R. Kißling* und *M. Fleischer*. Die Bodenluft in besandeten und nicht besandeten Hochmoor- und Niederungsmoorböden. Landw. Jahrbücher. Von *H. Thiel*. Bd. XX. 1891. S. 876.

[2]) Die von beiden Forschern aus den Bestimmungen des Kohlensäuregehaltes abgeleiteten Schlußfolgerungen enthalten viele Widersprüche, insofern an einer Stelle behauptet wird, daß das mit Sand bedeckte Moor mehr Kohlensäure enthalte als das oberflächlich mit Sand gemischte (S. 882 und 883), während an einer anderen Stelle der Abhandlung (S. 884 und 889) das Umgekehrte gefolgert wird. An der Hand der in den Tabellen niedergelegten Zahlen kommt man jedoch zu dem Schluß, daß in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle der Moorboden unter der Sanddecke kohlensäurereicher war als bei der oberflächlichen Mischung mit Sand.

Erwägung ausgehend, sowie in Rücksicht auf die außergewöhnlich hohen Werthe für die Kohlensäuremengen in dem unveränderten Moorboden, sah sich Referent veranlaßt, vorwürfige Frage einer nochmaligen Prüfung zu unterziehen.

Zu diesem Zweck wurden 6 Blechzylinder (von 0,1 qm Querschnitt), von denen zwei eine Höhe von 42, vier eine Höhe von 52 cm besaßen, auf einer freien, ebenen Kiesfläche des Versuchsfeldes bis 2 cm unter dem Rande und in Abständen von 1 m eingesenkt. In der Mitte des Bodens der Gefäße war ein rundes Loch von 20 cm Durchmesser angebracht, durch welches die von dem in den Gefäßen befindlichen Erdreich nicht festgehaltenen Wassermengen in den darunterliegenden, aus Glazialschotter bestehenden, vollständig durchlässigen Untergrund absickern konnten. Bei der Beschickung erhielten die Blechzylinder in den im Vergleich stehenden Versuchen die gleiche Torfmenge. Die Proben, welche unverändert bleiben sollten, wurden in einer 40 cm hohen Schicht, unter festem Zusammenpressen jeder 5 cm hohen Schicht, in die niedrigen Zylinder gefüllt; in genau derselben Weise wurden die übrigen Gefäße beschickt, worauf auf der Oberfläche des Moorbodens eine 10 cm hohe Decke von humusfreiem Quarzsand aufgebracht wurde, die in einem Fall mit dem darunterliegenden Torf, bis zu 10 cm Tiefe desselben, sorgfältig gemischt und dann wieder in der angegebenen Weise eingefüllt, in dem anderen Fall in ihrem ursprünglichen Zustande belassen wurde.

Es wurden zwei Versuchsreihen mit je 3 Gefäßen eingerichtet, und zwar wurde in der einen Hochmoortorf (Mull aus dem Haspelmoor), in der anderen Niederungsmoortorf (von Schleißheim) verwendet. Bei dem Einfüllen war der Moorboden gut durchfeuchtet. Im Uebrigen sei bemerkt, daß das Versuchsmaterial allen Witterungseinflüssen und der Insolation vollständig ausgesetzt war[1]).

In der Mitte eines jeden Gefäßes war bis auf 30 cm Tiefe von der Oberfläche des Erdreiches eine eiserne Röhre von 0,6 mm lichtem Durchmesser eingesenkt, durch welche die auf ihren Kohlensäuregehalt zu untersuchende Bodenluft aspirirt wurde. In jedem Versuch wurden 2 Liter Luft unter Beobachtung der erforderlichen Vorsichtsmaßregeln

[1]) Die Gefäße wurden ohne jegliche Veränderung des Versuchsmaterials während der Jahre 1892 bis 1895 benutzt. Etwa vorhandene Unkrautpflanzen wurden natürlich entfernt.

durch die mit Barythydrat gefüllten *Pettenkofer*'schen Röhren während eines Zeitraumes von 2 Stunden geleitet. Ueber die auf 1000 Vol. Bodenluft für eine Temperatur von 0° und einen Barometerstand von 760 mm berechneten Kohlensäuremengen (in Vol.) geben die nachstehenden Tabellen Auskunft:

Versuch I (1892).

Datum	1000 Vol. Bodenluft enthalten Vol. Kohlensäure:					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
13. April . . .	5,743	5,410	4,351	3,104	5,108	4,052
20. » . . .	4,829	5,732	5,157	3,028	3,320	4,521
27. » . . .	3,940	5,100	4,214	2,853	4,051	4,205
4. Mai . . .	2,849	2,849	2,403	2,105	3,004	2,251
11. » . . .	2,205	2,234	5,702	3,005	4,812	4,051
18. » . . .	3,311	5,854	4,803	4,050	5,121	4,810
25. » . . .	3,000	4,951	3,908	2,553	6,447	5,850
1. Juni . . .	5,430	5,118	5,123	6,309	10,205	9,911
8. » . . .	4,803	11,451	12,905	7,352	15,458	15,458
15. » . . .	6,752	10,219	7,201	5,728	9,940	11,718
21. » . . .	3,750	5,252	4,354	5,851	5,253	8,849
30. » . . .	6,150	7,804	7,211	9,004	13,951	12,608
7. Juli . . .	9,613	10,718	9,453	10,814	22,952	17,551
14. » . . .	8,719	12,704	14,255	9,610	15,952	21,053
20. » . . .	8,705	12,008	10,653	6,754	17,751	16,506
27. » . . .	4,358	5,703	7,102	7,208	9,904	9,451
3. August . .	4,651	6,453	8,552	7,351	9,756	13,652
10. » . .	6,343	10,125	10,528	9,007	15,612	13,804
17. » . .	6,321	8,105	7,513	9,980	14,109	12,310
24. » . .	5,403	7,298	6,931	8,154	12,928	11,411
31. » . .	5,104	7,235	8,419	7,852	10,201	11,123
7. September .	9,705	17,418	17,741	19,129	32,745	33,754
14. » .	3,910	3,945	4,218	6,645	7,851	8,430
21. » .	3,358	5,135	4,043	3,593	5,148	4,519
28. » .	4,815	6,032	5,123	7,530	10,499	10,401
Mittel: . .	**5,351**	**7,394**	**7,274**	**6,743**	**10,883**	**10,890**

Versuch II (1893).

8. April . . .	3,301	2,110	2,110	2,110	3,023	2,699
15. » . . .	1,651	1,948	2,250	2,553	3,494	3,652
22. » . . .	2,108	2,403	3,010	4,651	4,651	5,255
29. » . . .	1,650	1,951	3,014	3,611	5,124	6,599
6. Mai . . .	1,650	1,663	2,251	2,859	3,457	4,651
13. » . . .	1,811	1,811	2,408	3,005	4,213	3,917
20. » . . .	1,508	3,749	3,853	4,051	6,008	6,752
27. » . . .	4,797	5,101	4,821	4,502	9,289	9,005

Datum	1000 Vol. Bodenluft enthalten Vol. Kohlensäure:					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
3. Juni . . .	1,651	1,799	2,703	3,303	6,005	6,914
10. » . . .	2,550	3,151	4,349	5,251	7,945	8,554
17. » . . .	1,051	2,110	4,048	6,004	10,203	10,203
24. » . . .	2,410	5,099	4,812	6,301	11,412	11,141
1. Juli . . .	3,151	4,648	5,851	7,650	13,347	14,249
8. » . . .	3,605	5,108	6,453	6,601	11,711	14,198
15. » . . .	8,100	9,147	8,248	8,850	12,911	13,652
22. » . . .	4,052	4,348	7,501	9,005	13,510	14,108
29. » . . .	10,210	11,549	12,008	11,699	12,614	15,298
7. August . .	6,471	10,230	10,674	7,365	12,477	16,224
12. » . .	3,910	5,121	7,230	8,409	12,918	13,221
19. » . .	4,050	4,649	8,703	9,911	15,152	17,408
26. » . .	3,011	4,218	7,498	11,701	15,004	16,512
2. September .	2,411	2,758	6,008	6,021	9,905	12,611
9. » .	4,502	5,111	7,814	6,589	9,587	12,100
16. » .	2,411	2,702	6,009	6,014	9,321	9,997
23. » .	4,802	5,941	8,719	5,412	10,801	14,699
30. » .	2,104	3,008	4,199	4,501	6,324	8,100
Mittel: . .	**3,420**	**4,286**	**5,636**	**6,074**	**9,246**	**10,451**

Versuch III (1894).

3. April . . .	1,211	1,211	2,394	2,100	3,042	3,618
10. » . . .	0,912	1,648	3,001	2,551	3,900	3,942
17. » . . .	1,801	2,423	4,799	3,005	4,512	5,740
24. » . . .	0,904	1,520	3,321	2,398	3,889	5,411
1. Mai . . .	2,397	3,310	10,511	3,042	4,829	10,023
8. » . . .	0,712	1,043	1,655	1,542	1,820	2,415
15. » . . .	1,511	2,420	4,512	3,312	6,041	7,248
22. » . . .	4,652	5,559	9,453	6,149	10,652	13,054
29. » . . .	3,601	4,823	5,401	4,210	7,543	9,002
5. Juni . . .	3,644	5,251	8,402	6,914	10,218	13,207
12. » . . .	3,921	6,643	9,625	5,440	9,321	12,398
19. » . . .	4,522	8,102	12,915	7,222	11,414	13,543
26. » . . .	3,621	5,748	11,420	7,893	12,351	13,207
3. Juli . . .	3,314	7,528	14,104	9,321	15,305	15,698
10. » . . .	4,751	12,159	14,852	9,455	15,449	16,351
17. » . . .	5,421	8,105	13,843	9,651	13,512	14,405
24. » . . .	4,802	8,451	17,419	10,823	16,241	18,397
31. » . . .	6,751	11,248	17,853	10,018	14,854	18,451
7. August . .	4,512	6,914	12,610	8,734	13,204	14,741
14. » . .	3,921	6,900	11,123	6,015	10,231	14,708
21. » . .	5,401	6,323	10,208	6,029	10,541	14,719
28. » . .	4,201	8,230	15,531	10,208	15,914	18,023

Datum	1000 Vol. Bodenluft enthalten Vol. Kohlensäure:					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
4. September .	5,104	9,321	15,048	9,321	16,741	20,404
11. » .	3,615	4,803	7,124	5,109	8,123	11,405
18. » .	1,842	3,021	4,592	3,608	6,051	6,923
25. » .	5,188	8,850	11,292	9,156	11,597	15,259
Mittel: . .	**3,547**	**5,829**	**9,731**	**6,278**	**9,896**	**12,011**
Mittel sämmtlicher Untersuchungen:						
	4,090	**5,816**	**7,551**	**6,360**	**9,997**	**11,120**

Aus diesen Zahlen läßt sich deutlich ersehen:

1) daß der Kohlensäuregehalt der Bodenluft in dem besandeten Boden beträchtlich größer ist als in dem unbesandeten;
2) daß das mit Sand bedeckte Moor einen höheren Gehalt an freier Kohlensäure aufzuweisen hat als das mit Sand gemischte;
3) daß die Kohlensäuremenge in der Bodenluft bei dem Niederungsmoorboden wesentlich größer ist als bei dem Hochmoorboden.

Eine Uebereinstimmung zwischen den Untersuchungen des Verfassers und denjenigen von *Kißling* und *Fleischer* besteht demnach nur bezüglich des Einflusses der Bedeckung und Mischung des Moorbodens mit Sand, dagegen weichen die Resultate prinzipiell insofern von einander ab, als das unveränderte Moor in vorliegenden Untersuchungen kohlensäureärmer, in jenen genannter Forscher dagegen kohlensäurereicher war als das mit Sand versehene.

Diese Unterschiede aufzuklären, dürfte kaum möglich sein. Man wird sich daher darauf beschränken müssen, zu versuchen, für die in dem einen und anderen Fall ermittelten Resultate die möglichen Ursachen ausfindig zu machen. Die Ansicht *Kißling*'s und *Fleischer*'s, daß die Ergebnisse ihrer Versuche auf Verschiedenheiten in der Zersetzung der organischen Stoffe zurückzuführen seien, erscheint nicht ganz stichhaltig. Wenn auch zugegeben werden muß, daß der Sand durch den Druck, den

er auf die darunterliegende Moorsubstanz ausübt, sowie durch Vermehrung des Wasservorrathes in derselben den Luftzutritt in einer solchen Weise beschränkt, daß der Zerfall der organischen Stoffe gehemmt und gleichzeitig die Kohlensäurebildung herabgesetzt wird, so ist doch auf der anderen Seite zu berücksichtigen, daß nach dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntniß von den Zersetzungserscheinungen sicherlich auch die Wirkungen der übrigen durch den Sand abgeänderten Faktoren (Feuchtigkeit und Wärme) außerdem in das Auge zu fassen sind. Dies läßt sich aber in den von bezeichneten Forschern veröffentlichten Daten nicht nachweisen. So müßte z. B. der nicht besandete Boden zur Zeit der Trockenheit, wo das Wasser in demselben in das Minimum geräth, der besandete Boden aber sich feucht erhält und überdies höher temperirt ist, sich eine Umkehr der Resultate ergeben haben, was indessen nicht der Fall war.

Sieht man von letzteren Verhältnissen ab, so würde unter der Annahme, daß durch die Beschränkung der Luftzufuhr seitens des Sandes die Zersetzung der organischen Stoffe herabgemindert sei, zwar für die von genannten Forschern ermittelten Resultate eine befriedigende Erklärung gefunden sein, dagegen würden die Ergebnisse der hier mitgetheilten Versuche der Begründung entbehren. Gleichwohl ließen sich die Ursachen derselben ausfindig machen, wenn man die anderweitigen Wirkungen in Betracht zöge, welche sich hinsichtlich des Kohlensäuregehaltes der Bodenluft geltend machen. Es wurde nämlich bei einer anderen Gelegenheit von dem Referenten der Nachweis geliefert [1]), daß für die Menge der freien Kohlensäure im Boden nicht nur der Verlauf der Zersetzungsvorgänge in demselben maßgebend ist, sondern daß auch die Widerstände, welche der Boden dem Austritt des Gases an die Atmosphäre entgegensetzt, sich in vielen Fällen als ausschlaggebend erweisen. Angesichts dieser Thatsache ließe sich der verhältnißmäßig geringe Kohlensäuregehalt des unveränderten Moorbodens, wie solcher sich in den Versuchen des Referenten bemerkbar gemacht hat, darauf zurückführen, daß die gebildete Kohlensäure in der vergleichsweise lockeren Masse in ungleich größeren Mengen in die atmosphärische Luft diffundirte als in dem durch den Sand verdichteten Erdreich. Gleichergestalt würde der höhere Kohlensäuregehalt des mit Sand bedeckten Moores gegenüber

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 165.

demjenigen des mit Sand oberflächlich gemischten dem Umstande zuzuschreiben sein, daß durch die weniger fest gelagerte Sand-Moordecke die gebildete Kohlensäure leichter an die Luft überzutreten vermochte als durch die dichtere Sanddecke. Die Richtigkeit dieser Erklärung der gefundenen Resultate anerkennend, würde man weiters auf die Vermuthung verfallen, daß möglicherweise die oben bezeichneten entgegengesetzten Ergebnisse der Untersuchungen von *Kißling* und *Fleischer* darauf beruhen könnten, daß in denselben das unveränderte Moor wesentlich fester zusammengepreßt war als in denjenigen des Referenten. Inwieweit dies zutreffend ist, läßt sich, wie leicht begreiflich, nicht mit Sicherheit ermessen.

V. Die Erträge der Kulturgewächse auf dem besandeten, dem mit Sand gemischten und dem unveränderten Moorboden.

Behufs Feststellung des Einflusses der im Bisherigen in Betracht gezogenen Verfahren auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen wurden auf einer frei gelegenen Kiesfläche des Versuchsfeldes durch Einsenken von hölzernen, aus 3 cm starken Brettern gefertigten Rahmen, in Abständen von 1,5 m, Parzellen von 0,4 m Tiefe und 1 qm Querschnitt hergestellt, welche theils mit einer 0,4 m, theils mit einer 0,3 m mächtigen Moorschicht beschickt wurden. In dem letzteren Fall wurde auf der Oberfläche eine 10 cm starke Decke von humusfreiem Quarzsand aufgebracht, die entweder als solche belassen, oder durch Umgraben mit englischen Grabgabeln mit einer 10 cm hohen Schicht des unterliegenden Moorbodens gemischt wurde. Da der unveränderte Moorboden bei der Bearbeitung eine bedeutende Volumvermehrung erfuhr, so wurde derselbe mit einem Brett, auf welches der Arbeiter trat, fest zusammengepreßt. Jede Parzelle erhielt dieselbe Düngermenge, welche nach dem Ausstreuen durch Hacken dem Boden einverleibt wurde. Der Dünger bestand ausnahmslos aus einem Gemisch von künstlichen Düngemitteln, welches die wichtigsten Nährstoffe (Stickstoff, Kali und Phosphorsäure) in einem leicht aufnehmbaren Zustand enthielt.

Ueber die Resultate und Anordnung dieser Versuche geben die nachstehenden Tabellen Auskunft:

Versuch I (1892).

Sommerroggen.

Düngung: 80 gr eines Gemisches aus Fäkalguano, Superphosphat und Kainit. Reihenentfernung: 15 cm. Saatquantum: 12,5 gr. Saat: 15. April. Ernte: 16. August.

Produkte	Ernte (gr)					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	427,0	423,5	373,5	605,3	529,0	501,5
Stroh und Spreu	870,0	850,0	760,0	1050,0	890,0	910,0

Versuch II (1893).

Sommerraps.

Düngung: 100 gr Fäkalguano. Reihenentfernung: 20 cm. Saatquantum: 1,5 gr. Saat: 26. April. Ernte: 21. August.

Produkte	Ernte (gr)		
	Hochmoor		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	103,9	104,2	89,3
Stroh und Spreu . . .	850,0	645,0	580,0

Versuch III (1893).

Erbse.

Düngung: 100 gr Fäkalguano. Reihenentfernung: 20 cm à 20 Körner. Saatzeit: 26. April. Ernte: 10. August.

Produkte	Ernte (gr)		
	Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	348,0	344,1	307,8
Stroh und Spreu . . .	670,0	545,0	435,0

Versuch IV (1893/94).

Winterroggen.

Düngung: 100 gr Fäkalguano. Reihenentfernung: 10 cm. Saatquantum: 10 gr. Saat: 13. September 1893. Ernte: 12. Juli 1894.

Produkte	Ernte (gr)					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	234,5	218,9	194,6	318,0	271,7	220,0
Stroh und Spreu	720,0	640,0	540,0	970,0	850,0	740,0

Versuch V (1894).

Leindotter.

Düngung: 50 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. Reihenentfernung: 10 cm. Saatquantum: 2 gr. Saat: 23. April. Ernte: 4. August.

Produkte	Ernte (gr)					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	159,6	85,8	65,7	156,6	139,8	108,7
Stroh und Spreu	595,0	322,0	213,0	553,0	417,0	330,0

Versuch VI (1894).

Sommerweizen.

Düngung wie beim Leindotter. Reihenentfernung: 10 cm. Saatquantum: 12 gr. Saat: 2 Mai. Ernte: 27. August.

Produkte	Ernte (gr)		
	Hochmoor		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	160,5	118,4	98,9
Stroh und Spreu . . .	444,0	300,0	250,0

Versuch VII (1894).

Buschbohne.

Düngung: 50 gr eines Gemisches aus Superphosphat und Chlorkalium. Reihenentfernung: 10 cm à 12 Körner. Saat: 2. Mai. Ernte: 31. August.

Produkte	Ernte (gr)		
	Hochmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	458,0	381,2	396,0
Stroh und Spreu . . .	430,0	370,0	200,0

Versuch VIII (1895).

Sommerraps.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. Reihenentfernung 10 cm. Saatquantum: 2 gr. Saat: 25. April. Ernte: 7. August.

Produkte	Ernte (gr)					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	93,9	79,6	84,0	123,6	89,4	90,3
Stroh und Spreu	500,0	350,0	350,7	600,0	430,5	350,2

Versuch IX (1895).

Sommerroggen.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. **Reihenentfernung:** 10 cm. **Saatquantum:** 12 gr. **Saat:** 25. April. **Ernte:** 31. Juli.

Produkte	Ernte (gr)					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	222,2	218,8	177,2	279,5	261,2	224,0
Stroh und Spreu	720,0	700,0	580,0	710,0	640,5	550,0

Versuch X (1895).

Erbse.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat und Chlorkalium. **Reihenentfernung:** 10 cm à 15 Körner. **Saat:** 25. April. **Ernte:** 5. August.

Produkte	Ernte (gr)		
	Hochmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	434,2	418,0	456,0
Stroh und Spreu . . .	670,0	700,0	740,0

Versuch XI (1895).

Leindotter.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. **Reihenentfernung:** 10 cm. **Saatquantum:** 2 gr. **Saat:** 25. April. **Ernte:** 27. Juli.

Produkte	Ernte (gr)		
	Hochmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Körner	86,9	78,3	53,0
Stroh und Spreu . . .	325,4	273,4	156,0

Versuch XII (1896).

Kohlrübe.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. **Standraum:** 26 : 26 cm. 9 Pflanzen. **Saat:** 7. Mai. **Ernte:** 16. September.

Produkte	Ernte (gr)					
	Hochmoorboden			Niederungsmoorboden		
	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt	unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
Wurzeln . . .	3170	1970	1630	3580	2420	2040
Blätter	370	230	230	300	320	300

Versuch XIII (1896).

Kartoffel.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. Standraum: 26 : 26 cm. Saattiefe: 15 cm. 9 Pflanzen. Saat: 7. Mai. Ernte: 17. September.

Bodenbeschaffenheit		Ernte nach Zahl: große	mittlere	kleine	Summa	Ernte nach Gewicht (gr): große	mittlere	kleine	Summa
Hochmoorboden,	unverändert	7	37	98	142	340	1020	880	2240
»	mit Sand gemischt . .	10	26	77	113	480	650	720	1850
»	mit Sand bedeckt . .	6	29	79	114	230	690	720	1640
Niederungsmoorboden	unverändert	16	30	79	125	720	810	780	2310
	mit Sand gemischt . . .	11	30	72	113	480	760	800	2040
	mit Sand bedeckt . . .	7	36	61	104	330	910	670	1910

Versuch XIV (1896).

Gräsergemisch.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. Saatquantum: 10 gr. Saat: 7. Mai. Ernte: 5. September. (1. Schnitt.)

Produkte	Ernte (gr) Hochmoorboden: unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
grün	1480	1060	640
lufttrocken	360	260	140

Versuch XV (1896).

Rothklee.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat und Chlorkalium. Saatquantum: 10 gr. Saat: 7. Mai. Ernte: 27. Juli. (1. Schnitt.)

Produkte	Ernte (gr) Hochmoorboden: unverändert	mit Sand gemischt	mit Sand bedeckt
grün	2930	2670	2100
lufttrocken	410	360	320

In einer weiteren Versuchsreihe wurde dieselbe Versuchsanordnung gewählt, mit dem Unterschiede, daß außerdem noch einige Parzellen hergerichtet wurden, in welchen die Mächtigkeit der Sanddecke 2,5, ferner 5 und 7,5 cm betrug. Die Ergebnisse dieser Versuche, sowie deren Anordnung lassen sich aus folgenden Tabellen ersehen:

Versuch XVI (1894).

Sommerroggen.

Düngung: 50 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. **Reihenentfernung:** 10 cm. **Saatquantum:** 12 gr. **Saat:** 18. April. **Ernte:** 8. August.

Hochmoorboden	Ernte (gr)		Hochmoorboden	Ernte (gr)		Niederungsmoorboden	Ernte (gr)	
	Körner	Stroh u. Spreu		Körner	Stroh u. Spreu		Körner	Stroh u. Spreu
unverändert	215,0	660	unverändert	215,0	660	unverändert	236,6	590
2,5 cm h. m. S. gem.	223,7	660	2,5 cm h. m. S. bed.	229,7	680	2,5 cm h. m. S. bed.	202,7	520
5,0 » » » » »	199,6	570	5,0 » » » » »	220,6	620	5,0 » » » » »	171,9	390
7,5 » » » » »	205,0	630	7,5 » » » » »	212,7	580	7,5 » » » » »	156,5	330
10,0 » » » » »	180,8	490	10,0 » » » » »	188,0	570	10,0 » » » » »	150,7	310

Versuch XVII (1895).

Erbse.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat und Chlorkalium. **Reihenentfernung:** 10 cm à 10 Körner. **Saat:** 27. April. **Ernte:** 5.—9. August.

unverändert	415,7	510	unverändert	415,7	510	unverändert	371,4	610
2,5 cm h. m. S. gem.	427,2	560	2,5 cm h. m. S. bed.	410,4	580	2,5 cm h. m. S. bed.	417,0	700
5,0 » » » » »	412,0	630	5,0 » » » » »	374,7	550	5,0 » » » » »	434,6	760
7,5 » » » » »	432,0	640	7,5 » » » » »	313,1	550	7,5 » » » » »	422,7	580
10,0 » » » » »	446,3	580	10,0 » » » » »	321,5	490	10,0 » » » » »	364,3	490

Versuch XVIII (1896).

Leindotter.

Düngung: 60 gr eines Gemisches aus Superphosphat, Chilisalpeter und Chlorkalium. **Reihenentfernung:** 15 cm. **Saatquantum:** 1,5 gr. **Saat:** 6. Mai. **Ernte:** 11. August.

unverändert	63,0	439	unverändert	63,0	439	unverändert	52,8	390,5
2,0 cm h. m. S. gem.	61,7	420	2,5 cm h. m. S. bed.	65,4	421	2,5 cm h. m. S. bed.	44,2	251,0
5,0 » » » » »	54,7	380	5,0 » » » » »	61,3	370	5,0 » » » » »	36,1	211,7
7,5 » » » » »	61,5	360	7,5 » » » » »	64,6	370	7,5 » » » » »	26,3	188,0
10,0 » » » » »	47,1	330	10,0 » » » » »	49,0	330	10,0 » » » » »	16,4	148,7

Bei Durchsicht dieser Zahlen ergiebt sich deutlich:

1) daß der unveränderte Moorboden, mit wenigen Ausnahmen, unter den vorliegenden Verhältnissen höhere Erträge geliefert hatte als der besandete;

2) daß das mit Sand gemischte Moor sich im Allgemeinen für das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen vortheilhafter erwiesen hatte als das mit Sand bedeckte;

3) daß der Niederungsmoorboden im Durchschnitt fruchtbarer war als der Hochmoorboden.

Sieht man zunächst von den ad 1 und 3 gekennzeichneten Gesetzmäßigkeiten ab, so ist bezüglich der durch die Mischung und Bedeckung

des Moorbodens mit Sand hervorgerufenen Wirkungen auf das Produktionsvermögen der Gewächse zunächst zu bemerken, daß die hervorgetretenen Unterschiede vorerst auf solche in der Versorgung der Pflanzen mit Wasser und Nährstoffen, besonders in der Jugendperiode, zurückzuführen sind.

In den ersten Entwickelungsstadien mangelt den Pflanzen in der Regel in der Sanddecke bei trockener Witterung die Feuchtigkeit, bei regenreicher die zu einem kräftigen Wachsthum erforderliche Nährstoffmenge selbst dann, wenn eine reichliche Düngung dem Boden gegeben wurde. Erklärlich wird dies, wenn man berücksichtigt, daß einerseits der Sand bei dem Ausbleiben von Niederschlägen bedeutende Mengen von Wasser verliert und daß andererseits dieser Bodenart bei ergiebiger Wasserzufuhr, wegen großer Durchlässigkeit und geringen Absorptionsvermögens für Pflanzennährstoffe erhebliche Verluste durch Auswaschung zugefügt werden. Es kann aus diesem Grunde die Thatsache nicht befremden, daß die Pflanzen, so lange nicht ein größerer Vorrath von organischen Stoffen sich in der Sanddecke angesammelt hat, in der Jugend sich nur langsam und schwächlich entwickeln und erst dann ein kräftigeres Wachsthum zeigen, wenn die Wurzeln derselben in die unter dem Sande liegenden Moorschichten eingedrungen sind. Das aber, was die Pflanzen in ihrer ersten Entwickelungszeit in ihrem Wachsthum eingebüßt haben, können sie in späterem Alter nur unter ganz besonders günstigen äußeren Verhältnissen nachholen. Unter extremen Witterungszuständen gelangen gewisse Gewächse überhaupt nicht zur vollständigen Entwickelung, wie ein im Frühjahr 1892 ausgeführter Versuch des Referenten mit Sommerraps zeigte. Die Pflanzen gingen zwar auf, starben aber sehr bald bei anhaltender Trockenheit ab.

In dem oberflächlich mit Sand gemischten Boden sind die Bedingungen zu einer normalen Entwickelung der Pflanzen ungleich günstiger gelagert, insofern als in den zu Tage tretenden Schichten nicht allein wegen vergleichsweise höherer Wasserkapazität derselben reichlichere Mengen von Wasser, sondern auch größere Mengen von Nährstoffen vorhanden sind, welche, weil die dem Sande beigemischten Humustheilchen ein starkes Absorptionsvermögen für Nährstoffe besitzen, bei Weitem nicht in dem Grade der Auswaschung unterliegen, wie in der Sanddecke. Aus diesem Grunde ist auch das anfängliche Wachsthum der Pflanzen auf dem mit

Sand gemischten Moore ein besseres als auf dem mit einer Sanddecke versehenen, wie man leicht durch bloßen Augenschein wahrnehmen kann. Ebenso sind die Pflanzen im ersteren Fall in höherem Grade vor den Schädigungen anhaltender Trockenheit geschützt, was auch der oben angezogene Versuch zeigte, in welchem der Sommerraps auf dem mit Sand gemischten Moore die Durstperiode überstand.

Der Umstand, daß durch die Sanddecke die atmosphärische Luft größtentheils von dem darunterliegenden Moorboden abgeschlossen ist, zumal dieser unter dem auf ihm lastenden Druck sich verdichtet, spricht ebenfalls nicht zu Gunsten des Deckverfahrens. Die Zersetzung der organischen Stoffe wird unter derartigen Umständen in außerordentlichem Grade gehemmt und zwar um so mehr, als gleichzeitig der Moorboden mit größeren Wassermengen imprägnirt ist. Auch in diesen Beziehungen bietet entschieden das Mischverfahren vor der Deckmethode große und in die Augen fallende Vortheile, und zwar dadurch, daß die Humustheilchen in dem Sandgemisch in einem viel größeren Umfange mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommen und sich daher besser zersetzen können, und zwar nicht allein, weil sie mit dem permeablen Sand gemischt sind, sondern auch deshalb, weil die oberen Bodenschichten bis auf eine größere Tiefe gelockert und gewendet werden. Dieses letztere Moment ist auch schließlich dasjenige, welches, wie nicht geleugnet werden kann, wesentlich zu Gunsten des Mischverfahrens spricht, weil, ganz abgesehen von den Vortheilen, welche die Tiefkultur an sich bietet, durch die tiefere Bearbeitung die Mischung zweier Bodenarten, von welchen jede für sich dem Pflanzenwachsthum gegenüber sich in mehrfacher Beziehung ungünstig verhält, bewirkt und die wünschenswerthe Ausgleichung ihrer entgegengesetzten Eigenschaften in vollkommenster Weise herbeigeführt werden kann.

Bei Beurtheilung der Vortheilhaftigkeit des einen oder anderen Verfahrens dürfen jedoch, um sicher zu gehen, die übrigen Wirkungen derselben auf die Fruchtbarkeitsverhältnisse des Moorbodens nicht außer Acht gelassen werden. Trotz der geschilderten günstigen Eigenschaften des mit Sand gemischten Moores besitzt dasselbe auch solche, in welchen es dem mit Sand bedeckten nachsteht und unter gewissen Verhältnissen deshalb auch weniger geeignet erscheinen dürfte als dieses. Dies gilt besonders bezüglich der Beeinflussung der Bodenfeuchtigkeit, die durch

die Mischung des Moorbodens mit Sand herabgedrückt, durch die Bedeckung mit Sand dagegen im Allgemeinen erhöht wird. Es dürfte hieraus gefolgert werden können, daß die Pflanzen in den der Jugendperiode folgenden Entwickelungsstadien auf dem mit Sand bedeckten Moore in trockenen Klimaten und bei trockener Witterung besser situirt seien als auf dem mit Sand gemischten, während in feuchten Klimaten und bei feuchter Witterung erstere Methode wegen Beschränkung der Verdunstung zur Ansammlung größerer, dem Pflanzenwachsthum schädlicher Wassermengen Veranlassung geben könne und daher weniger vortheilhaft sei als die an zweiter Stelle angeführte. Diese Schlußfolgerung mag vielleicht im Großen und Ganzen zutreffend sein, aber nicht in allen Fällen, weil man die Resultate der einschlägigen exakten Versuche nicht lediglich aus den jeweiligen Witterungs- und klimatischen Verhältnissen zu erklären vermag. So ergiebt sich aus den von *Fleischer* mitgetheilten Versuchen, daß in dem trockeneren Klima Norddeutschlands das Ertragsvermögen der Pflanzen zwar in der Mehrzahl der Fälle bei der Bedeckung des Moorbodens mit Sand sich höher stellte als bei der Sandmischung, daß aber in einer stattlichen Reihe von Kulturen sich auch die entgegengesetzten Erscheinungen geltend machten. Ebenso zeigten die in einem feuchten Klima angestellten Untersuchungen des Referenten, daß die Sandbedeckung unter Umständen günstigere Wirkungen ausübte als die Sandmischung, obwohl letztere mehrentheils dem Produktionsvermögen der Pflanzen in höherem Grade Vorschub geleistet hatte. Dafür, daß die Witterungszustände nicht allein für die Fruchtbarkeitsverhältnisse des nach den beiden in Rede stehenden Methoden mit Sand behandelten Moorbodens maßgebend sind, spricht überdies die Thatsache, daß in dem trockenen Jahre 1893 nicht das mit einer Sanddecke versehene Moor höhere Ernten geliefert hatte — wie man nach Vorstehendem hätte erwarten sollen —, sondern das mit Sand gemischte.

Betrachtungen solcher Art führen zu dem Schluß, daß nach den bisherigen Beobachtungen die Bedingungen, unter welchen das eine oder das andere Verfahren größere Vortheile im Speziellen gewährt, noch nicht mit Sicherheit festgestellt worden sind. Soweit sich die einschlägigen Verhältnisse zur Zeit übersehen lassen, dürfte der Mischmethode aus den oben angeführten Gründen, sowie in dem Betracht, daß der bezüglich der Bodenfeuchtigkeit derselben anhaftende Mangel durch eine künstliche

Erhöhung des Grundwasserspiegels während der Vegetationsperiode oder nach Bedarf größtentheils beseitigt werden kann, der Vorzug, wenigstens für feuchte Klimate, einzuräumen sein und das Deckverfahren im Allgemeinen nur für solche Gegenden geeignet erscheinen, in welchen die Niederschläge weniger ergiebig und unregelmäßig vertheilt sind.

Der Umstand, daß die Aufbringung des Sandes mit einem sehr bedeutenden Kostenaufwand verknüpft ist, derart, daß die Erträge der Ackergewächse in einem ungünstigen Verhältniß zu dem Aufwand stehen, hat nothwendigerweise dazu geführt, von Kulturunternehmungen solcher Art Abstand zu nehmen und sich auf die Anlage von Wiesen zu beschränken, ausgehend von der Ansicht, daß der Moorboden an sich nicht für den Anbau von Ackergewächsen geeignet sei. Diese Ansicht ist jedoch nicht richtig, denn wie durch die oben mitgetheilten Versuche nachgewiesen wird, hatte der Moorboden im unveränderten Zustande in der Mehrzahl der Fälle sogar wesentlich höhere Erträge geliefert als der besandete. Gegenüber dem etwa zu erhebenden Einwande, daß die im Kleinen ausgeführten Versuche nicht zur Beurtheilung der einschlägigen Verhältnisse im Großen herangezogen werden könnten, ist auf die Thatsache hinzuweisen, daß die in dem Chiemseemoor (Oberbayern) durch *E. Ebermayer* angelegten und durch die Landes-Moorkulturanstalt fortgesetzten Kulturen mit verschiedenen Nutzgewächsen auf dem nicht besandeten Boden außerordentliche Erfolge aufzuweisen haben.

In der That lassen sich die ungünstigen Eigenschaften der Moorsubstanz dem Pflanzenwachsthum gegenüber[1]) auch ohne Besandung in einer solchen Weise abändern, daß die Ackerkulturen einen befriedigenden, nicht selten sogar einen hohen Gewinn gewähren.

Die Kultur des Moorbodens an sich wird, wie in allen übrigen Fällen, durch eine Entwässerung desselben einzuleiten sein, aber in der Weise, daß man die vollständige Herrschaft über das Wasser gewinnt, d. h. daß man je nach den Witterungsverhältnissen und je nach dem Wasserbedürfniß der Gewächse dem Grundwasserstand eine entsprechende Höhe zu ertheilen vermag. Weiters wird die Beseitigung der den Pflanzen nachtheiligen Austrocknung der oberen Schichten und der langsamen Wärmeleitung des Bodens, welche gleichergestalt von ungünstiger Wirkung auf die Vegetation sich erweisen, durch eine zweckmäßige Ab-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 329.

änderung der Struktur der Bodenmasse besonders in das Auge zu fassen sein. Dies wird zunächst dadurch bewerkstelligt, daß man bei der Bearbeitung mittelst der verschiedenen Ackerwerkzeuge den Moorboden möglichst zerkleinert. Bei etwaigem Eintritt einer Austrocknung der oberen Schichten muß der Boden sofort gewalzt werden, um einerseits die verdunstende Oberfläche zu beschränken und andererseits die kapillare Leitung des Wassers nach oben zu fördern. Nachdem dem Boden die erforderlichen Nährstoffe in Form von künstlichen Düngemitteln zugeführt und die Sämereien untergebracht worden sind, wird schließlich der Boden mit einer schweren Walze gewalzt.

Dieses feste Zusammenpressen des zerkleinerten Bodens hat in mehrfacher Beziehung einen sehr günstigen Einfluß auf die Fruchtbarkeitsverhältnisse desselben. Vor Allem wird in Folge dieser Prozedur das Wasser aus den tieferen Schichten an die Oberfläche gehoben und dadurch der Abtrocknung derselben, namentlich im Frühjahr, vorgebeugt. Damit werden aber auch gleichzeitig die Frostschäden beseitigt, weil diese, wie bei einer anderen Gelegenheit vom Referenten[1]) nachgewiesen wurde, sich nur dann bemerkbar machen, wenn die Oberfläche des Moores abgetrocknet ist. Das Walzen wirkt außerdem dadurch günstig, daß durch dasselbe die Wärmeleitung und die Wärmekapazität des Bodens, und zwar durch festere Lagerung der Bodenpartikel sowie durch Vermehrung des Wasservorrathes, eine Erhöhung erfahren. Die Wasserversorgung der oberen durch die unteren Schichten muß überdies für die Vegetation von nützlicher Wirkung sein. Die Volumveränderungen des Bodens werden durch das Walzen allerdings nicht behoben, doch sind dieselben in Klimaten mit regelmäßig vertheilten Niederschlägen und mit einer starken Schneedecke im Winter von untergeordneter Bedeutung[2]).

Für die Zweckmäßigkeit des in Rede stehenden Verfahrens, wenigstens in feuchteren Klimaten, sprechen sowohl verschiedene im Großen gemachte Erfahrungen, als auch die Ergebnisse der oben mitgetheilten Versuche, welche zeigen, daß das nicht besandete Moor meistentheils höhere Erträge geliefert hatte als das besandete. In der Moormasse stehen bei

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 286.

[2]) Die Festigkeit des Bodens erfährt bei Anwendung der Walze nur eine geringe Erhöhung, so daß bei der Abfuhr der Feldprodukte die Benutzung verlegbarer Feldeisenbahnen sich als erforderlich erweist.

der bezeichneten Behandlung derselben den Pflanzen von vornherein größere Wassermengen zur Verfügung als in dem Sand-Moorgemisch und in der Sanddecke. Dasselbe gilt auch bezüglich der Versorgung der Gewächse mit Nährstoffen, insofern einerseits in dem unveränderten Moorboden eine größere Masse organischer Substanz mit der Luft in Berührung ist, und anderseits in den oberen Schichten eine stärkere Absorption und eine geringere Auswaschung der Nährstoffe stattfindet als in den korrespondirenden Partien des besandeten Bodens. Damit wäre der Beweis geliefert, daß der Moorboden auch ohne Benützung von mineralischem Boden zum Anbau verschiedener landwirthschaftlicher Nutzgewächse mit Erfolg herangezogen werden kann.

Neue Litteratur.

D. Kitao. **Ueber die Wasserbewegung in Böden.** Imperial University College of Agriculture. Bulletin Vol. III. No. 1. Komaba, Tokyo. March. 1897.

P. P. Dehérain. **Untersuchungen über die Drainwässer nackter und bebauter Böden.** Annales agronomiques. T. XXXIII. 1897. No. 6. p. 241.

Th. Homén. **Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde.** Leipzig. 1897. W. Engelmann.

P. P. Dehérain. **Ueber die Bodenbearbeitung.** (Zweite Mittheilung.) Annales agronomiques. T. XXIII. 1897. No. 5. p. 216.

R. Bouilhac. **Sur la fixation de l'azote atmosphérique par l'association des algues et des bactéries.** Comptes rendus. T. CXXIII. Paris. 1896. II. Semestre. p. 828.

A. Stutzer und *R. Hartleb.* **Der Salpeterpilz.** Centralblatt für Bakteriologie u. s. w. Zweite Abtheilung. Bd. III. 1897. No. 1. S. 6. — No. 2/3. S. 54. — No. 7/8. S. 161. — No. 9/10. S. 235.

W. Rullmann. **Ueber ein Nitrosobakterium mit neuen Wuchsformen.** Centralblatt für Bakteriologie u. s. w. Zweite Abtheilung. Bd. III. 1897. No. 9/10. S. 228.

N. H. J. Miller. **Soil Inoculation.** Journ. of the Royal Agricultural Society of England. Third Series. Vol. VII. Part. II. 1896.

II. Physik der Pflanze.

Kleine Beiträge zur Frage nach der Ursache der Saftbewegung in der Pflanze.

Von Professor Dr. **Adolf Mayer** in Wageningen.

Vor einigen Jahren hat der seither verstorbene Pflanzenphysiologe *Josef Boehm* eine Thatsache mitgetheilt, die, wenn sie wahr wäre, absurd genannt werden müßte und die mich daher alle die Zeit her beunruhigte, bis ich Gelegenheit fand, dieselbe experimentell zu prüfen.

Ich meine die angebliche «Umkehrung des Saftstromes», die von *Boehm* so bewiesen worden ist, daß er Sonnenblumenpflanzen köpfte und Wasser durch sie in den Boden abhebern ließ[1]). Diese Thatsache ist in offenbarem Widerspruch mit der Thatsache des Wurzeldruckes in derselben Pflanze, eine Erscheinung, die, wenn sie auch mit der Theorie des Saftsteigens neuerdings nicht mehr in Beziehung gebracht wird, doch damit noch nicht aufhört zu existiren.

Ich habe nun in zwei verschiedenen Jahren mit Sonnenblumen die einschlagenden Versuche angestellt, ungefähr deren 30 allein in diesem Sommer 1896 und habe niemals die von *Boehm* beschriebene Erscheinung wahrnehmen können, — wenigstens nicht an unverletzten Pflanzen. Meine Resultate waren vielmehr kurz im Allgemeinen die folgenden:

Nach dem Durchschneiden des Stengels einer Sonnenblume über dem ersten Internodium nimmt man an einem luftdicht aufgesetzten Mano-

1) Ber. d. deutsch. botan. Gesellsch. 1890. p. 311.

meter in der Regel positiven, in selteneren Fällen einen schwach negativen Druck wahr, und zwar ist das Eine oder das Andere abhängig von den Witterungsverhältnissen und dem damit in Beziehung stehenden Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. In Uebereinstimmung damit kann ein bestehender negativer Druck durch Begießen der Pflanzen in einen positiven umgewandelt, resp. ein positiver Druck dadurch verstärkt oder ein negativer vermindert werden.

Nur wenn man die Wurzeln der Pflanzen durchschneidet, kann das von *Boehm* beschriebene Phänomen, Wegfließen größerer Wasservolume durch die Pflanze hin, wahrgenommen werden, und zwar kann in diesem Falle die Thatsache nicht bloß aus dem Mißverhältniß zwischen dem Volum des in die Pflanze einsinkenden Wassers und dem des Wurzelstockes erschlossen werden (die *Boehm*'sche Beweismethode), sondern sieht man außerdem die Erde in der Nähe der durchgeschnittenen Wurzel sich deutlich anfeuchten.

Unsere Versuche wurden bis in den Spätsommer (26. August) und bis mehrere Wochen nach der Zeit, wo *Boehm* seine Beobachtungen machte, fortgesetzt. Wir bemerkten dabei wohl im Allgemeinen eine Abnahme des Wurzeldruckes, nicht aber die von *Boehm* beschriebene Erscheinung, die, wie gesagt, stets erst eintrat nach künstlicher Verwundung der Wurzeln. Nach einiger Zeit, mehreren Tagen, hört übrigens diese Durchlässigkeit der Pflanze wieder auf, ebenso wie die Fähigkeit zur Wasseraufsaugung mittelst einer frischen Schnittwunde nach einiger Zeit zu erlöschen pflegt. Beide Erscheinungen sind wohl zu erklären durch Verstopfung der thätigen Kapillaren und stehen voraussichtlich in Beziehung zu dem Genesungsprozesse von Wunden.

Ich bin natürlich geneigt, aus dem Resultate dieser Versuche den Schluß zu ziehen, daß das von *Boehm* beobachtete Phänomen kein normaler pflanzenphysiologischer Vorgang ist, sondern durch zufällige Zerreißungen des Pflanzengewebes, wie sie vielleicht durch die in trockenen Zeiten stattfindende Spaltenbildung im Boden eintreten können, erklärt werden muß. Mit dieser Entscheidung fällt natürlich der Eingangs dieser Abhandlung angedeutete Widerspruch hinweg.

Was *Boehm* eigentlich mit seiner «Umkehrung des Wasserstromes» beweisen wollte, war die Wegsamkeit der Wurzel für Wasser im Dienste der kapillaren Saftsteigungstheorie. Nach dieser Theorie sollte das Wasser

durch die Pflanze strömen durch Kapillarität, wobei die den verfügbaren Röhren im Wege stehenden Membranen sich als genügend durchlässig ergeben mußten. Sind sie es in der Richtung nach oben, so müssen sie es auch nach unten sein; daher *Boehm* in seiner Umkehrung einen endgiltigen Beweis sieht.

Meines Erachtens übersah aber *Boehm* hierbei, daß die Wegsamkeit nur zu gelten braucht für das reine, und nur mit einigen Mineralstoffen von sehr krystalloidalen Eigenschaften beladene Wasser, während diese selben Membranen — dies beweist die Erscheinung des Wurzeldruckes — unwegsam sind für die gelösten organischen Stoffe mit ihren mehr kolloidalen Eigenschaften. Beim *Boehm*'schen, durch mich mit sehr ungleichem Resultate wiederholten Versuche werden aber die verschiedenen Pflanzensäfte mit einander vermischt, und man darf sich nun nicht verwundern, eine Undurchlässigkeit für diese mit organischen Stoffen vermischten Säfte eintreten zu sehen in Bezug auf dasselbe Organ, welches nicht bloß für die Bedürfnisse der kapillaren Saftsteigungstheorie, sondern einfach zu Folge der Thatsache der Wasseraufnahme überhaupt, ohne allen Zweifel in hohem Grade durchlässig für Wasser ist.

Die von *Boehm* behauptete Wegsamkeit tritt erst ein nach Zerreißung der Wurzeln, eine Thatsache, die übrigens zu wissen wichtig ist, da sie wenigstens die Durchlässigkeit der Stengeltheile bis in die Wurzel hinein auch für gemischte Pflanzensäfte beweist.

Uebrigens bin ich kein Gegner der kapillaren Saftsteigungstheorie, sondern ich glaube, daß uns, nachdem die osmotischen und Imbibitionshypothesen so gründlich abgewirthschaftet haben und auch die vitalen Theorien seit dem Beweis von der Möglichkeit der Erscheinung in gekochten Organen (*Boehm* und *Straßburger*) unmöglich geworden sind, keine andere Wahl bleibt. Aber ich glaube, daß die *Askenasi*'sche[1]) Darlegung[2]), welche die Kohäsion des Wassers mitberücksichtigt und sich daher anders nennt, als kritischer und wissenschaftlicher über die *Boehm*'sche den Sieg davontragen wird, während *Straßburger* viel zu

[1]) Ich habe mich derselben schon in meinem Lehrbuch der Agrikulturchemie 4. Aufl. 1895 I. p. 369 freundlich gegenübergestellt, also schon vor dem Erscheinen der *Askenasi*'schen Abhandlungen.

[2]) Verhandl. d. naturwissensch. Vereins zu Heidelberg. N. F. V. 12. Febr. 1895 und 30. April 1896.

reservirt geblieben ist, um ihm mit Sicherheit eine ganz feste Anschauung zuschreiben zu können, so viel Licht wir auch dem experimentellen Theile seiner Untersuchungen verdanken.

Die Schwierigkeit, welche die kapillare Saftsteigungstheorie auch in ihrer neuesten Form zu überwinden hat, beruht meines Erachtens hauptsächlich noch immer darin, daß man die von einer Flüssigkeitsmenge beim Hinaufströmen in die höchsten Räume geleistete Arbeit verwechselt mit einem entsprechenden negativen Druck, der in einer weiten Barometerröhre ja allerdings bestehen würde, in dieser das ganze Phänomen aber auch schon in weit geringeren Höhen unmöglich macht. Das Aequivalent für jene Arbeit kann in der großen Energie verdampfender Wassermoleküle wohl leicht gefunden werden, während jener negative Druck in dem Maße gar nicht vorhanden ist, da eben die Wassersäulen durch Adhäsion und Kohäsion größtenteils in der Schwebe gehalten werden und oben im Baume einer kleinen Saugung beinahe ebenso nachgeben wie unten, während das Indiehöhepumpen in weiten Röhren je länger je schwieriger wird. Hierauf scheint mir z. B. der bekannte Einwurf hinauszulaufen, wonach die Turgorverminderung der transspirirenden Zellen nicht ausreichend ercheinen soll für die große Arbeitsleistung und wobei außerdem übersehen wird, daß die Steigung auch durch Zellen ohne Turgor (todte Blätter) erzeugt werden kann. Ein anderer Irrthum ist der, wenn man überall nach konkaven Menisken sucht, während doch dieser nur ein Symptom, nicht aber die eigentliche Ursache des Aufsaugens ist.

Reichsversuchsstation Wageningen, Herbst 1896.

---

[1]) Man kann sich experimental leicht analog den Versuchsanstellungen von *Askenasi* davon überzeugen, daß auch kapillare Flüssigkeitssäulen über dem barometrischen Vakuum möglich sind.

Neue Litteratur.

F. G. Kohl. **Die assimilatorische Energie der blauen und violetten Strahlen des Spektrums.** Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. XXV. Heft 2.

E. Godlewsky. **Zur Kenntniß der Eiweißbildung aus Nitraten in der Pflanze.** Anzeiger d. Akad. d. Wissensch. in Krakau. März 1897. S. 104.

A. Burgerstein. **Ueber die Transpirationsgröße von Pflanzen feuchter Tropengebiete.** Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. XXV. S. 154.

L. Jost. **Ueber die periodischen Bewegungen der Blätter von Mimosa pudica im dunkeln Raume.** Botanische Zeitung. 1897. I. Abtheilung. Heft II.

A. Borzi. **Beiträge zur Kenntniß der Sensibilitätserscheinungen der Pflanze.** Il Naturalista Siciliano. 1896. N. S. Anno I. p. 168.

W. Haacke. **Grundriß der Entwickelungsmechanik.** Leipzig. 1897. A. Georgi.

III. Agrar-Meteorologie.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CII. Untersuchungen über den Einfluß des Frostes auf die Temperaturverhältnisse des Bodens von verschiedenem Salzgehalt.

Von Dr. R. Ulrich,

Assistent am agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

Schon seit längerer Zeit ist bekannt, daß Salzlösungen einen tieferen Gefrierpunkt besitzen als reines Wasser und daß die Temperatur dieses Punktes im Allgemeinen um so tiefer liegt, je größer die Menge des aufgelösten Salzes ist. Dies wurde zunächst bei dem Meerwasser beobachtet. So gefriert z. B. das Wasser des grönländischen Meeres, dessen spezifisches Gewicht 1,0263 ist, nach *Scoresby*[1]) bei — 2,01 ° C. Sobald dasselbe aber durch Frost bis 1,1045 konzentrirt ist, erstarrt es erst bei — 10 ° und völlig mit Seesalz gesättigtes Wasser bei — 20 ° C. Während nämlich das Seewasser gefriert, nimmt die Dichte und Konzentration des flüssigbleibenden Theiles fortwährend zu. Zunächst gefriert weniger salzhaltiges Wasser, dann das salzreichere u. s. f. Nach *Scoresby* zeigt das gebildete Eis eine poröse Beschaffenheit, ist weiß-grünlich, weniger durchsichtig, weicher und leichter als das Süßwassereis. Beim Schmelzen liefert es meist süßes Wasser, weil eben mit dem Gefrieren des Meerwassers eine Ausscheidung von Salz verbunden ist.

---

[1]) An Account of the Arctic Regions etc. Edinburgh. 1820. Vol. II. T. I. p. 225. — *Gilbert's* Annalen. Bd. LXII. p. 1. — *C. S. Cornelius.* Meteorologie. Halle. 1863. S. 156.

Ueber das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen wurden weiterhin von *Depretz*[1]) bei Gelegenheit eines Streites desselben mit *Erman* über das Maximum der Dichtigkeit von Meerwasser und Salzlösungen überhaupt Versuche ausgeführt, doch erstrecken sich dieselben nur auf wenige Salze, deren Lösungen nur eine wenig von einander abweichende Konzentration besaßen.

Um den Einfluß, welchen ein in Wasser gelöstes Salz auf den Gefrierpunkt desselben ausübt, genauer kennen zu lernen, wurden von von *F. Rüdorff*[2]) im Laboratorium von *Magnus* späterhin mehrere Versuche angestellt, in welchen verschiedene Salze (Kochsalz, Chlorkalium, Chlorammonium, salpetersaures Ammoniak, salpetersaures Kali, salpetersaures Natron, salpetersaurer Kalk und kohlensaures Kali) verwendet und aus denselben Lösungen von verschiedener Konzentration bereitet wurden. Die Lösungen wurden in Glasgefäßen in eine Kältemischung aus Kochsalz und Schnee gestellt und ihre Erkaltung an einem Thermometer abgelesen, mit welchem sie stets umgerührt wurden. Diese Bewegung der Lösung war erforderlich, um übereinstimmende Resultate zu erlangen. «Ueberläßt man eine Lösung sich selbst, so geht die Eisbildung von den Gefäßwänden aus, diese überziehen sich mit einer Eiskruste, welche sich nur langsam verdickt. Die äußeren Schichten der Lösung haben dann eine viel niedrigere Temperatur als die inneren Schichten. Aus der bewegten Lösung dagegen geschieht die Eisbildung plötzlich in allen Theilen derselben, die Lösung wird trüber von flockigem schuppigen Eise, wobei das Thermometer ebenso plötzlich oft um mehrere Grade steigt und während längerer Zeit einen unveränderten Stand einnimmt.»

Diejenige Temperatur, welche das Thermometer annahm, als sich Eis bildete, wurde von genanntem Forscher als der Gefrierpunkt oder als die Temperatur betrachtet, bei welcher sich in der Lösung Eis zu bilden vermochte. Da aber die Menge des ausgeschiedenen Eises, namentlich bei konzentrirten Lösungen, einen merklichen Einfluß auf den Prozentgehalt des flüssig gebliebenen Theiles der Lösung hat und der Gefrierpunkt von dem Salzgehalt der Lösung abhängt, so mußte, um den Gefrierpunkt der Lösung zu ermitteln, eine zu große Ausscheidung von Eis

[1]) Comptes rendus. I. XI. — *Poggendorff*'s Annalen. Bd. XLI. S. 492 und Bd. LII. S. 177.

[2]) *Poggendorff*'s Annalen. Bd. CXIV. 1861. S. 63.

vermieden werden. Dies wurde dadurch erreicht, daß ein Körnchen Schnee in die Lösung geworfen wurde, von der bekannten Thatsache ausgehend, daß die Uebersättigung einer Salzlösung durch Berührung mit einem Krystall gleicher Art verhindert wird. Da aus der Salzlösung reines Eis gefriert, so wurden eben, behufs Hintanhaltung einer zu großen Ausscheidung von Eis, Schneekörnchen verwendet, die erst dann eingeführt wurden, wenn die Temperatur 0,3—0,5^0 unter den durch Versuche festgestellten Gefrierpunkt gesunken war.

Von den Ergebnissen der Versuche mögen nur einige hier eine Stelle finden, zumal die Details für vorliegenden Zweck nicht verwerthbar erscheinen. In folgender Tabelle enthält die mit M bezeichnete Kolumne die in 100 gr Wasser gelösten Mengen wasserfreien Salzes (in gr), T die zugehörigen, oben näher definirten Gefrierpunkte. Die dritte Kolumne enthält die Quotienten T/M, d. h. die durch 1 gr des gelösten Salzes bewirkte Erniedrigung des Gefrierpunktes.

	Na Cl		K Cl		$NaNO_3$	
M	T	T/M	T	T/M	T	T/M
1	-0,6 °C.	-0,600 °C.	-0,45 °C.	-0,450 °C.	-0,40 °C.	-0,400 °C.
2	-1,2 »	-0,600 »	-0,90 »	-0,450 »	-0,75 »	-0,375 »
4	-2,4 »	-0,600 »	-1,80 »	-0,450 »	-1,50 »	-0,375 »
6	-3,6 »	-0,600 »	-2,65 »	-0,442 »	-2,35 »	-0,391 »
8	-4,8 »	-0,600 »	-3,55 »	-0,443 »	-2,90 »	-0,362 »
10	-6,0 »	-0,600 »	-4,40 »	-0,440 »	-3,60 »	-0,360 »
12	-7,2 »	-0,600 »	-5,35 »	-0,446 »	-4,35 »	-0,363 »
Mittel:	—	-0,600 °C.	—	-0,446 °C.	—	-0,378 °C.

Bei einem Vergleich der durch verschiedene Mengen desselben Salzes bewirkten Erniedrigungen des Gefrierpunktes ergiebt sich, abgesehen von einigen innerhalb der Grenzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler fallenden Abweichungen, daß die Erniedrigung des Gefrierpunktes dem Salzgehalt der Lösung proportional ist.

Der Quotient T/M ist, wie bereits vorstehende Zahlen zeigen, bei den verschiedenen Salzen ein verschiedener und stellt sich wie folgt[1]):

	NH_4Cl	NaCl	KCl	NH_4NO_3	$NaNO_3$	K_2CO_3	$Ca(NO_3)_2$	KNO_3
T/M =	-0,653	-0,600	-0,446	-0,384	-0,370	-0,317	-0,277	-0,267 °C.

[1]) Bei einigen Salzen wurde keine so einfache Beziehung zwischen der Erniedrigung des Gefrierpunktes und der Menge gelösten Salzes beobachtet. Bei diesen nahm die Erniedrigung des Gefrierpunktes in einem größeren Verhältniß

Dieses Ergebniß im Zusammenhalt mit der von *A. Petit*[1]) festgestellten Thatsache, daß bei dem Gefrieren des Bodenwassers die Erscheinung der Unterkühlung (Ueberkaltung) sich geltend macht, veranlaßte mich, experimentell der Frage näher zu treten, inwieweit der Unterkühlungsgrad bei dem Vorhandensein von Salzen in verschiedener Menge beeinflußt werde.

Als Versuchsmaterial diente fein geschlämmter Kaolin, bezogen aus der k. Porzellanfabrik in Nymphenburg bei München. Bei der Wahl dieser Bodenart war die Thatsache maßgebend, daß dieselbe bei Gegenwart verschiedener Salze resp. Hydrate Aenderungen in der Lagerung der Partikel erfährt, derart, daß sich Unterschiede im Gange der Bodentemperatur voraussehen ließen.

Das Versuchsmaterial wurde möglichst gleichmäßig, unter mäßig festem Eindrücken der einzelnen, ca. 0,5 m hohen Schichten in Zinkblechzylinder mit durchlöchertem Boden gefüllt, nachdem dieselben äußerlich und innerlich mit Zapon glasirt worden waren. Die angewandte Menge des Kaolins war in allen Versuchen die gleiche. Um dem Boden eine bestimmte Menge von Salz durch Aufsaugung der Lösungen zuführen zu können, wurde zunächst die Sättigungskapazität desselben für Wasser genau bestimmt und hiernach die Konzentration der betreffenden Lösungen in der Weise hergestellt, daß nach Aufnahme derselben seitens des Bodens in diesem ein Salzgehalt von 0,05 resp. von 0,1 und 0,2 % enthalten war.

Bei der Anfeuchtung wurden die mit Kaolin gefüllten Zinkblechdosen auf einen aus Glasstäben bestehenden und mit vier Füßen versehenen Rost gestellt, welcher auf dem Boden größerer Krystallschalen aufruhte. Letztere waren mit der Salzlösung resp. dem destillirten Wasser bis zu einer solchen Höhe beschickt, daß die Blechzylinder 5 mm tief eintauchten. Durch Nachgießen wurde dieser Stand des Flüssigkeits-

---

zu, als die Menge des gelösten Salzes. So wurde bei dem Chlorcalcium z. B. folgendes gefunden:

M	T	T/M	M	T	T/M
1	−0,40 °C.	−0,400 °C.	8	− 3,90 °C.	−0,487 °C.
2	−0,90 »	−0,450 »	10	− 4,90 »	−0,490 »
4	−1,85 »	−0,462 »	14	− 7,40 »	−0,528 »
6	−2,85 »	−0,476 »	18	−10,00 »	−0,555 ».

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 286.

spiegels möglichst zu erhalten gesucht. Nach Umfluß von je 24 Stunden wurden die Gefäße gewogen und dies so lange fortgesetzt, bis keine Gewichtszunahme mehr stattfand. Das Kalkhydrat wurde dem Kaolin durch innige Mischung unter Anwendung feiner Siebe zugeführt. Die Anfeuchtung des Gemenges erfolgte durch Aufsaugenlassen von destillirtem Wasser.

Nach Feststellung der Gewichtskonstanz der Gefäße wanderten dieselben in den Kälteapparat, welcher aus zwei ineinander gestellten, 20 cm hohen Zinkblechzylindern bestand, von denen der eine einen Durchmesser von 45, der andere einen solchen von 25 cm besaß. Der Zwischenraum zwischen beiden wurde mit einer Mischung aus zerkleinertem Eis und Kochsalz gefüllt. In dem kleineren Zylinder wurden die Versuchsgefäße auf einem Siebboden aufgestellt. Der ganze Apparat war mit einem Deckel mit doppelten Wänden versehen, zwischen welchen sich dieselbe Kältemischung befand, wie im Innern. Durch den Deckel führten Röhren, welche zur Anbringung der empfindlichen, in $^1/_{10}$ Grade nach C. getheilten, vor Anstellung der Versuche kontrollirten Thermometer dienten. Diese wurden 4 cm tief in die 9 cm hohe Bodenschicht eingesenkt. Um den Einfluß der äußeren Temperatur[1]) hintanzuhalten, war der äußere Zylinder des Kälteapparates, sowie der Deckel mit dickem Filz bekleidet und ruhte auf einer Filzplatte auf.

Ueber die Ergebnisse der Versuche geben die folgenden Tabellen Auskunft:

Nach Minuten	Ca (O H)$_2$ Lufttemperatur	Bodentemperatur 0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %	Nach Minuten	Ca (O H)$_2$ Lufttemperatur	Bodentemperatur 0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
Anfang	−1,0	12,2	12,1	12,2	12,2	81	−5,5	0,0	−1,3	−0,7	−0,2
30	−4,0	4,2	4,7	5,2	5,6	82	−5,5	0,0	−1,4	−0,9	−0,3
50	−5,0	2,1	2,8	3,7	4,0	83	−5,5	0,0	−1,6	−1,1	−0,7
55	−5,1	1,1	1,8	3,0	3,4	84	−5,5	0,0	−1,7	−1,2	−0,8
60	−5,4	0,6	0,9	2,0	2,3	85	−5,5	0,0	0,0	−1,3	−1,0
62	−5,4	0,3	0,6	1,6	1,9	86	−5,5	0,0	0,0	−1,4	−1,2
65	−5,4	0,0	0,4	1,3	1,6	87	−5,3	0,0	0,0	−1,6	−1,3
67	−5,5	−0,2	0,2	1,0	1,4	90	−5,2	0,0	0,0	−1,8	−1,5
70	−5,5	−0,5	0,0	0,8	1,0	91	−5,0	0,0	0,0	0,0	−1,7
72	−5,7	−0,8	−0,2	0,5	0,8	95	−4,6	0,0	0,0	0,0	−2,0
75	−5,7	−1,0	−0,4	0,3	0,6	96	−4,5	0,0	0,0	0,0	0,0
76	−5,7	−1,1	−0,5	0,1	0,4	220	−5,9	−0,7	−0,4	−0,2	0,0
77	−5,7	−1,3	−0,7	0,0	0,3	340	−5,9	−1,9	−0,9	−0,5	−0,4
78	−5,6	−1,4	−0,9	−0,2	0,2	460	−5,5	−3,9	−2,8	−1,7	−1,3
80	−5,5	−1,5	−1,1	−0,5	0,0	580	−5,5	−4,2	−3,7	−2,6	−2,2

[1]) Die Apparate waren in einem kalten Zimmer aufgestellt.

Nach Minuten	Na Cl					K Cl					Ca Cl_2				
	Luft-temperatur	Bodentemperatur				Luft-temperatur	Bodentemperatur				Luft-temperatur	Bodentemperatur			
		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
Anfang	-1,0	10,2	10,0	10,1	10,2	0,0	9,2	9,8	9,9	10,0	0,0	10,2	10,3	10,2	10,0
30	-3,0	4,2	4.2	4,4	4,8	-3,5	3,4	8,7	4,0	4,2	-3,0	6,2	6,3	6,4	6,6
50	-5,0	0,2	0,4	0,5	0,9	-5,3	0,2	0,4	0,5	0,7	-3,7	1,0	1,2	1,3	1,5
55	-6,0	0,0	0,1	0,2	0,3	-5,5	0,0	0,2	0,4	0,5	-4,0	0,5	0,6	0,7	0,9
56	-6,0	0,0	0,1	0,2	0,2	-5,6	-0,1	0,1	0,3	0,4	-4,0	0,4	0,5	0,6	0,8
58	-5,8	-0,2	0,0	0,1	0,1	-6,0	-0,2	0,0	0,2	0,4	-4,0	0,2	0,3	0,4	0,6
60	-5,8	-0,4	-0,2	0,0	0,0	-6,1	-0,3	0,0	0,1	0,3	-4,1	0,0	0,2	0,3	0,4
62	-5,5	-0,6	-0,4	-0,2	-0,1	-6,1	-0,5	-0,3	0,0	0,1	-4,2	-0,2	0,1	0,2	0,3
65	-4,7	-0,9	-0,7	-0,4	-0,3	-5,9	-0,9	-0,6	-0,3	0,0	-4,5	-0,3	0,0	0,1	0,2
67	-4,6	-1,2	-1,0	-0,7	-0,6	-5,5	-1,2	-0,9	-0,5	-0,2	-4,5	-0,4	-0,1	0,0	0,1
68	-4,5	-1,3	-1,2	-0,9	-0,7	-5,2	**-1,4**	-1,3	-0,8	-0,6	-4,4	-0,5	-0,2	-0,1	0,0
70	-4,5	**-1,5**	-1,4	-1,2	-0,8	-5,0	0,0	-1,6	-1,2	-0,9	-4,0	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2
71	-4,4	0,0	-1,7	**-1,5**	-1,3	-4,9	0,0	**-1,7**	-1,5	-1,2	-3,9	**-1,0**	-0,8	-0,6	-0,4
72	-4,4	0,0	**-1,9**	-1,8	-1,7	-4,6	0,0	0,0	-1,8	-1,6	-3,9	0,0	-1,1	-0,9	-0,7
73	-4,3	0,0	0,0	**-2,0**	-2,1	-4,4	0,0	0,0	**-2,0**	-2,1	-3,8	0,0	**-1,3**	-1,1	-0,9
74	-4,0	0,0	0,0	0,0	-2,3	-4,3	0,0	0,0	0,0	**-2,2**	-3,8	0,0	0,0	-1,3	-1,2
75	-4,0	0,0	0,0	0,0	**-2,4**	-4,1	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,7	0,0	0,0	**-1,4**	-1,4
76	-4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,8	0,0	0,0	0,0	**-1,6**
77	-4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-3,8	0,0	0,0	0,0	0,0
160	-5,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-5,0	0,0	0,0	-0,1	-0,1	-4,2	-0,2	0,0	0,0	0,0
220	-5,7	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-5,0	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-3,8	-0,4	-0,2	0,0	0,0
280	-6,0	-0,6	-0,6	-0,4	-0,4	-4,9	-1,0	-0,8	-0,5	-0,4	-3,5	-0,7	-0,5	-0,2	0,0
340	-6,0	-1,8	-1,5	-1,4	1,2	-4,9	-1,8	-1,5	-1,2	-0,9	-3,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,2
400	-6,5	-3,7	-2,8	-2,4	-1,6	-4,8	-2,9	-2,6	-2,3	-2,0	-3,5	-1,9	-1,3	-0,8	-0,6
460	-7,0	-6,4	-4,0	-3,6	-2,2	-4,8	-4,1	-3,9	-3,5	-3,3	-3,5	-2,8	-2,3	-1,4	-1,0
520	-9,6	-9,1	-6,8	-5,6	-4,2	-4,6	-4,8	-4,7	-4,3	-4,0	-3,5	-3,5	-3,0	-2,4	-2,0
580	-9,9	-9,9	-8,8	-8,3	-5,8	-4,8	-4,8	**-4,8**	-4,8	-4,7	-3,5	-3,5	-3,5	-3,2	-2,9

Nach Minuten	KNO_3 Luft-temperatur	KNO_3 Bodentemperatur 0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %	$NaNO_3$ Luft-temperatur	$NaNO_3$ Bodentemperatur 0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
Anfang	-2,2	7,4	7,4	7,7	7,5	-4,0	3,4	3,4	3,5	3,5
30	-2,5	2,6	2,8	3,0	3,2	-4,2	0,8	0,9	1,0	1,1
50	-3,4	0,5	0,6	0,7	0,8	-5,7	0,2	0,3	0,5	0,6
52	-3,5	0,4	0,5	0,6	0,7	-5,8	0,0	0,2	0,4	0,5
55	-3,7	0,2	0,3	0,5	0,6	-6,0	-0,2	0,0	0,1	0,2
57	-4,0	0,1	0,2	0,3	0,4	-6,6	-0,6	-0,4	-0,3	0,0
58	-4,2	0,0	0,1	0,2	0,3	-6,9	-1,0	-0,8	-0,6	-0,4
60	-4,5	-0,3	0,0	0,1	0,2	-7,3	-1,6	-1,2	-1,0	-0,9
62	-4,8	-0,5	-0,1	0,0	0,1	-7,5	-1,9	-1,5	-1,4	-1,2
65	-5,0	-0,7	-0,3	-0,1	0,0	-7,2	-2,1	-1,8	-1,6	-1,5
70	-5,1	-1,0	-0,5	-0,3	0,0	-7,0	**-2,3**	-2,0	-1,9	-1,7
72	-5,0	-1,1	-0,6	-0,4	-0,1	-6,8	0,0	-2,4	-2,3	-2,2
75	-4,9	-1,2	-0,7	-0,5	-0,2	-6,4	0,0	**-2,6**	-2,7	-2,6
76	-4,9	-1,3	-0,9	-0,7	-0,3	-6,3	0,0	0,0	**-2,8**	-2,8
78	-4,8	-1,8	-1,6	-1,3	-0,9	-6,2	0,0	0,0	0,0	**-2,9**
79	-4,8	**-2,1**	-1,9	-1,5	-1,3	-6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
80	-4,7	0,0	**-2,2**	-1,7	-1,5	-6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
81	-4,6	0,0	0,0	-2,0	-1,8	-6,1	0,0	0,0	0,0	0,0
83	-4,2	0,0	0,0	**-2,3**	-2,2	-6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
84	-4,0	0,0	0,0	0,0	**-2,5**	-6,0	0,0	0,0	0,0	0,0
85	-3,9	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,2	0,0	0,0	0,0	0,0
160	-5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	-7,0	0,0	0,0	0,0	-0,1
220	-5,2	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	-7,2	-0,9	-0,8	-0,7	-0,8
280	-5,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,2	-7,5	-1,5	-1,4	-1,2	-1,2
340	-5,5	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-8,0	-1,9	-1,6	-1,4	-1,3
400	-5,6	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-8,3	-2,6	-2,4	-2,2	-2,1
460	-5,5	-1,3	-1,2	-1,0	-0,9	-8,5	-4,6	-4,2	-3,9	-3,8
520	-5,0	-2,4	-2,2	-2,0	-2,0	-9,0	-6,8	-6,3	-5,8	-5,6
580	-4,5	-3,7	-3,5	-3,3	-3,2	-10,0	-8,9	-8,6	-8,5	-8,0

Nach Minuten	K_2SO_4 Luft-temperatur	K_2SO_4 Bodentemperatur 0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %	$MgSO_4$ Luft-temperatur	$MgSO_4$ Bodentemperatur 0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
Anfang	0,0	13,0	13,2	13,1	12,8	0,0	11,0	12,0	11,8	11,2
30	-1,2	9,2	9,3	9,2	9,1	-2,7	6,8	6,8	6,7	6,7
50	-2,9	2,0	2,1	2,1	2,0	-3,0	2,2	2,3	2,3	2,4
55	-3,5	1,6	1,6	1,6	1,6	-3,4	1,7	1,8	1,8	1,7
60	-3,7	0,5	0,4	0,4	0,4	-4,0	0,7	0,7	0,7	0,6
65	-4,1	0,1	0,0	0,0	0,0	-4,2	0,2	0,2	0,1	0,0
66	-4,2	0,0	-0,1	-0,1	-0,1	-4,3	0,1	0,1	0,0	-0,1
67	-4,2	-0,1	-0,2	-0,2	-0,2	-4,4	0,0	0,0	-0,1	-0,2
68	-4,5	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5	-4,5	0,0	-0,1	-0,2	-0,3
70	-5,0	-0,4	-0,7	-0,7	-0,8	-4,7	-0,2	-0,4	-0,4	-0,5
72	-5,0	-0,6	-0,9	-1,0	**-1,0**	-4,9	-0,4	-0,5	-0,5	-0,6
75	-4,9	-0,9	**-1,1**	**-1,2**	0,0	-5,0	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9
76	-4,8	**-1,0**	0,0	0,0	0,0	-4,9	-1,0	-1,1	-1,2	-1,2
78	-4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,0	-1,2	-1,2	**-1,3**	**-1,3**

Nach Minuten	K_2SO_4					$MgSO_4$				
	Lufttemperatur	Bodentemperatur				Lufttemperatur	Bodentemperatur			
		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
80	-4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,8	**-1,3**	**-1,2**	0,0	0,0
82	-4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-4,7	0,0	0,0	0,0	0,0
160	-4,5	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-5,0	0,0	0,0	0,0	0,0
220	-4,4	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-4,8	-0,2	-0,3	-0,1	-0,2
280	-4,5	-0,5	-0,4	-0,5	-0,4	-4,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3
340	-4,4	-0,8	-0,7	-0,7	-0,6	-4,0	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5
400	-4,3	-1,0	-0,9	-0,9	-0,8	-4,0	-0,8	-0,8	-0,7	-0,7
460	-4,2	-1,3	-1,1	-1,1	-1,0	-3,8	-1,0	-1,1	-1,0	-1,0
520	-4,0	-1,9	-1,8	-1,8	-1,7	-3,7	-1,6	-1,4	-1,3	-1,3
580	-3,8	-3,0	-2,9	-2,9	-2,9	-3,5	-2,9	-3,0	-3,0	-3,0

Nach Minuten	NaH_2PO_4					KH_2PO_4				
	Lufttemperatur	Bodentemperatur				Lufttemperatur	Bodentemperatur			
		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
Anfang	-1,0	10,2	10,1	10,2	10,3	-0,1	11,3	11,0	11,4	10,9
30	-3,0	6,2	6,3	6,2	6,4	-2,0	7,2	7,2	7,3	7,5
50	-3,5	3,2	3,3	3,3	3,2	-3,6	4,0	4,0	4,2	4,4
55	-4,0	2,3	2,2	2,1	2,0	-4,2	3,4	3,2	3,0	2,7
60	-4,2	1,2	1,0	0,9	0,8	-4,6	1,9	1,7	1,6	1,4
65	-4,5	0,6	0,5	0,4	0,3	-5,2	0,4	0,3	0,2	0,0
67	-4,7	0,3	0,2	0,1	0,0	-5,6	0,3	0,2	0,0	-0,1
70	-5,0	0,2	0,1	0,0	-0,2	-5,9	0,2	0,0	-0,2	-0,4
71	-5,1	0,1	0,0	0,0	-0,4	-6,0	0,0	-0,3	-0,5	-0,7
72	-5,2	0,0	-0,1	-0,2	-0,6	-6,2	-0,2	-0,6	-0,9	-1,2
74	-5,0	0,0	-0,2	-0,5	-0,9	-6,1	-0,3	-0,8	-1,1	-1,4
75	-5,0	-0,1	-0,4	-0,8	-1,2	-6,0	-0,6	-1,1	-1,4	-1,9
76	-5,1	-0,2	-0,7	-0,9	-1,5	-6,0	-0,8	-1,3	-1,7	**-2,0**
77	-5,2	-0,4	-0,9	-1,1	**-1,6**	-5,9	-1,2	-1,6	**-1,9**	0,0
78	-5,0	-0,6	-1,0	**-1,3**	0,0	-5,8	-1,4	**-1,7**	0,0	0,0
79	-4,9	-0,8	**-1,1**	0,0	0,0	-5,6	**-1,5**	0,0	0,0	0,0
80	-4,7	**-0,9**	0,0	0,0	0,0	-5,5	0,0	0,0	0,0	0,0
81	-4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,7	0,0	0,0	0,0	0,0
160	-5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-6,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3
220	-4,9	-0,1	-0,3	-0,4	-0,6	-6,1	-0,3	-0,5	-0,8	-1,2
280	-4,7	-0,3	-0,6	-0,8	-1,0	-6,0	-0,8	-1,1	-1,7	-2,0
340	-4,6	-0,8	-1,0	-1,6	-1,9	-5,8	-1,1	-1,6	-2,1	-2,5
400	-4,5	-1,4	-1,7	-2,1	-2,6	-5,5	-1,7	-2,4	-2,8	-3,0
460	-4,5	-2,5	-2,9	-3,2	-3,6	-5,2	-2,4	-3,3	-3,9	-4,0
520	-4,5	-3,4	-3,7	-3,9	-4,0	-5,0	-3,7	-3,9	-4,3	-4,5
580	-4,5	-4,2	-4,4	-4,5	-4,5	-5,0	-4,6	-4,8	-4,9	-4,9

Nach Minuten	K_2CO_3					Na_2CO_3				
	Lufttemperatur	Bodentemperatur				Lufttemperatur	Bodentemperatur			
		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
Anfang	-2,0	7,6	7,0	7,1	6,6	-2,2	11,0	11,2	11,0	11,3
30	-4,0	4,2	3,2	3,3	2,9	-5,0	5,2	5,0	4,8	4,6
50	-5,0	1,5	0,8	0,2	0,0	-6,3	1,4	1,2	1,0	0,8
55	-5,2	1,2	0,6	-0,1	-0,2	-6,2	1,2	1,0	0,8	0,6
56	-5,2	1,1	0,5	-0,2	-0,4	-6,0	1,0	0,9	0,7	0,3
57	-5,3	1,0	0,4	-0,4	-0,8	-5,9	0,8	0,6	0,4	0,0
59	-5,2	0,9	0,0	-1,0	-1,4	-5,8	0,5	0,3	0,0	-0,2
60	-5,0	0,8	-0,2	-1,3	-1,8	-5,5	0,3	0,1	-0,1	-0,5
61	-5,0	0,6	-0,5	-1,7	-2,2	-5,6	0,2	0,0	-0,3	-0,8
62	-5,0	0,4	-0,9	-2,0	0,0	-5,8	0,1	-0,2	-0,7	-1,3
63	-4,9	0,2	-1,2	0,0	0,0	-5,7	0,0	-0,5	-1,2	-1,7
65	-4,9	0,0	-1,5	0,0	0,0	-5,4	-0,1	-0,9	-1,6	-2,1
67	-4,8	-0,7	0,0	0,0	0,0	-5,5	-0,2	-1,2	-1,7	0,0
70	-4,7	-1,1	0,0	0,0	0,0	-5,5	-0,6	-1,5	0,0	0,0
71	-4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,3	-0,8	-1,6	0,0	0,0
72	-4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	-5,0	-1,3	0,0	0,0	0,0
160	-4,2	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	-5,6	0,0	0,0	-0,1	-0,2
220	-4,5	0,0	-0,2	-0,2	-0,3	-4,9	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5
280	-4,8	-0,2	-0,4	-0,5	-0,7	-4,8	-0,4	-0,7	-0,9	-1,0
340	-5,1	-0,4	-0,6	-0,8	-1,0	-4,8	-0,9	-1,2	-1,5	-1,7
400	-5,0	-0,6	-0,8	-1,2	-1,3	-4,6	-1,4	-1,7	-2,0	-2,4
460	-5,0	-1,8	-2,0	-2,3	-2,6	-4,5	-2,3	-2,6	-2,9	-3,4
520	-4,9	-2,3	-2,7	-2,9	-3,2	-4,5	-3,4	-3,7	-4,0	-4,3
580	-4,8	-3,0	-3,2	-3,6	-3,8	-4,4	-3,9	-4,3	-4,4	-4,4

Nach Minuten	KOH					Nach Minuten	KOH				
	Lufttemperatur	Bodentemperatur					Lufttemperatur	Bodentemperatur			
		0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %			0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
Anfang	-1,0	10,4	10,1	10,3	10,2	80	-5,9	-1,1	0,0	0,0	0,0
30	-3,0	5,8	5,5	5,2	4,8	81	-5,8	-1,2	0,0	0,0	0,0
50	-4,2	2,8	2,5	2,2	2,0	82	-5,8	-1,3	0,0	0,0	0,0
55	-5,0	1,3	1,1	0,9	0,6	83	-5,7	0,0	0,0	0,0	0,0
60	-5,3	0,8	0,6	0,3	0,0	85	-5,6	0,0	0,0	0,0	0,0
62	-5,5	0,5	0,2	0,0	-0,2	160	-6,0	0,0	-0,2	-0,3	-0,5
65	-6,0	0,2	0,0	-0,3	-0,7	220	-6,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,8
67	-6,2	0,0	-0,2	-0,6	-1,0	280	-6,0	-0,5	-0,8	-1,0	-1,3
70	-6,2	-0,1	-0,5	-1,0	-1,4	340	-6,0	-1,0	-1,5	-1,9	-2,3
72	-6,3	-0,2	-0,8	-1,3	-1,7	400	-6,0	-1,4	-1,9	-2,3	-2,6
73	-6,3	-0,3	-0,9	-1,4	-1,8	460	-6,4	-1,8	-2,4	-2,7	-3,0
75	-6,5	-0,4	-1,2	-1,5	-2,1	520	-6,8	-3,2	-3,6	-3,9	-4,2
77	-6,3	-0,7	-1,6	-1,8	0,0	580	-7,0	-5,0	-5,4	-5,7	-6,1
78	-6,2	-0,8	-1,7	0,0	0,0	640	-7,0	-6,5	-6,6	-6,8	-7,0
79	-6,0	-1,0	0,0	0,0	0,0	700	-7,2	-7,0	-7,0	-7,1	-7,2

Vorstehende Daten vermitteln die Thatsache:

1) daß die Unterkühlungstemperatur bei dem Gefrieren des Bodens durch die Gegenwart von Salzen und Hydraten herabgedrückt wird, und zwar in um so höherem Grade, je größer die Menge der betreffenden chemischen Agentien ist;
2) daß der Eintritt der Unterkühlungstemperatur nach Maßgabe der vorhandenen Menge von Salzen und Hydraten theils verzögert, theils beschleunigt wird, und
3) daß nach dem Gefrieren des Bodenwassers in gleichem Sinne das weitere Sinken der Temperatur mit geringerer oder größerer Geschwindigkeit stattfindet. Die Verzögerung des Unterkühlungspunktes resp. des Sinkens der Temperatur nach dem Gefrieren des Bodenwassers wird bewirkt durch das Kalkhydrat, die Chloride und Nitrate, während die entgegengesetzten Erscheinungen durch das Kalihydrat, die Phosphate und Karbonate hervorgerufen werden und die Sulfate sich in dieser Beziehung indifferent verhalten.

Die ad 1 geschilderte Gesetzmäßigkeit steht in vollkommener Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der *Rüdorff*'schen Versuche. Die Temperatur sinkt vor dem Erstarren des Bodenwassers zu Eis um so tiefer, je größer der Gehalt der Masse an Salzen und Hydraten ist. Außerdem zeigen die in den Tabellen niedergelegten Zahlen, daß, wie bereits *Petit* gefunden hatte, die Bodentemperatur nach dem Gefrieren plötzlich auf 0^{0} steigt, eine Zeit lang auf diesem Punkt verharrt, um dann weiterhin unter der Einwirkung der niedrigen Außentemperatur zu sinken. Aber dieses Sinken findet in den Versuchsmaterialien nicht in gleicher Weise statt, sondern bald schneller, bald langsamer im Verhältniß zu der vorhandenen Menge von Salzen und Hydraten. Die betreffenden Unterschiede treten u. A. besonders deutlich hervor, wenn man, wie dies folgende Tabelle nachweist, die Beobachtungen nach Verlauf von 460 Minuten zusammenstellt:

	Luft-temperatur	Bodentemperatur 0,0 %	0,05 %	0,1 %	0,2 %
$Ca(OH)_2$	—5,5	—3,9	—2,8	—1,7	—1,3
$NaCl$	—7,0	—6,4	—4,0	—3,6	—2,2
KCl	—4,8	—4,1	—3,9	—3,5	—3,3
$CaCl_2$	—3,5	—2,8	—2,3	—1,4	—1,0
KNO_3	—5,5	—1,3	—1,2	—1,0	—0,9
$NaNO_3$	—8,5	—4,6	—4,2	—3,9	—3,8
K_2SO_4	—4,2	—1,3	—1,1	—1,1	—1,0
$MgSO_4$	—3,8	—1,0	—1,1	—1,0	—1,0
NaH_2PO_4	—4,5	—2,5	—2,9	—3,2	—3,6
KH_2PO_4	—5,2	—2,4	—3,3	—3,9	—4,0
K_2CO_3	—5,0	—1,8	—2,0	—2,3	—2,6
Na_2CO_3	—4,5	—2,3	—2,6	—2,9	—3,4
KOH	—6,4	—1,8	—2,4	—2,7	—3,0

Die aus diesen Zahlen hervorgehende Verzögerung in dem Sinken der Bodentemperatur in dem einen Fall, und die Beschleunigung in dem anderen ist gleichergestalt wie die analogen Erscheinungen bezüglich des Eintrittes der Unterkühlungstemperatur (Satz 2) auf die Unterschiede zurückzuführen, welche in den Strukturverhältnissen des Bodens durch die Zuführung von Salzen und Hydraten hervorgerufen werden. Dadurch, daß, wie aus den Versuchen von *A. Mayer*[1]) und *E. W. Hilgard*[2]) hervorgeht, die Hydrate und Karbonate der Alkalien, ebenso die Phosphate zu einer dichten Lagerung der Bodentheilchen, und zwar entsprechend ihrer Menge, Veranlassung geben, wird die Wärmeleitungsfähigkeit der Masse[3]) in demselben Grade gesteigert und demgemäß auch die Geschwindigkeit, mit welcher der Frost in den Boden eindringt. Da die Chloride und Nitrate, sowie das Kalkhydrat die entgegengesetzte Wirkung, d. h. eine lockere Lagerung der Partikel hervorrufen, so muß damit eine Verlangsamung der Fortpflanzung der Wärme Hand in Hand gehen und die umgekehrte Erscheinung in der Erkaltung des Bodens sich geltend machen. Die Thatsache, daß die neutralen Sulfate in bezeichneter Richtung keine wesentlichen Aenderungen hervorrufen, ist schließlich dadurch zu erklären, daß dieselben hinsichtlich ihrer Einwirkung auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens zwischen jenen beiden Kategorien von chemischen Agentien stehen.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 251. — [2]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 441. — [3]) *E. Pott.* Die landw. Versuchsstationen. Bd. XX. 1877. S. 305. — Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 20. — Bd. V. 1882. S. 34.

Neue Litteratur.

J. Friedrich. **Ueber den Einfluß der Witterung auf den Baumzuwachs.** Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs. Heft XXII. Wien 1897. 160 S. Mit 25 Tafeln und 40 Abbildungen im Texte.

E. Hoppe. **Untersuchungen über den Einfluß der Bestandesdichte auf die Bodentemperatur.** Centralblatt f. d. ges. Forstwesen. Wien 1897.

A. Cieslar. **Studien über die Bodenstreu in Schwarzföhrenbeständen.** Centralbl. f. d. ges. Forstwesen. Wien 1897.

P. Ototzky. **Excursion hydrologique de 1895 dans les forêts de la steppe (prairie).** St. Petersbourg 1896. (Russisch.)

R. Hartig. **Untersuchungen über Blitzschläge in Waldbäumen.** Forstlich-naturwissenschaftl. Zeitschrift. 1897. Heft 3. S. 97. — Heft 4. S. 148. — Heft 5. S. 193.

B. T. Galloway. **Frosts and Freezes as affecting cultivated plants.** Yearbook U. S. Dep. of Agriculture for 1895. Washington 1896. p. 143.

A. Nabokisch. **Versuche und Beobachtungen über das Auftreten der Entwickelungsphasen bei den Pflanzen.** Trav. de la Soc. des Naturalistes de St. Petersbourg. 1896. Vol. XXVII. No. 6. p. 210. (Russisch.)

P. A. Müller. **Ueber die Temperatur und Verdunstung der Schneeoberfläche und die Feuchtigkeit in ihrer Nähe.** Mém. de l'Acad. imp. des sciences de St. Petersbourg. 1896. Sér. 8. Vol. V. No. 1.

Th. Schloesing fils. **Der Argongehalt der atmosphärischen Luft.** Comptes rendus. T. CXXI. 1895. p. 525 u. 604.

A. Leduc. **Ueber die Dichte des Stickstoffs, des Sauerstoffs und des Argons, und über die Zusammensetzung der atmosphärischen Luft.** Comptes rendus. T. CXXIII. 1896. p. 805.

W. Meinardus. **Ueber eine Methode der Vorausbestimmung des allgemeinen Witterungscharakters längerer Zeiträume.** Naturw. Rundschau. XII. Jahrg. 1897. No. 9. — Das Wetter. 1897. Heft 2. S. 32.

O. Pettersson. **Die Möglichkeit von Witterungsprognosen auf längere Zeit im Voraus.** Kongl. landbruks-akademiens handlingar och tidskrift. 1896. p. 132.

W. Trabert. **Die Möglichkeit einer künstlichen Beeinflussung des Wetters.** Meteor. Zeitschrift. 1897. Heft 4. S. 148.

L. E. Jewell. **Bestimmung der relativen Menge des Wasserdampfes in der Atmosphäre mit Hülfe der Absorptionslinien des Spektrums.** Astrophysical Journal. Bd. IV. 1896. p. 324.

G. Hellmann. **Ein neuer registrirender Regenmesser.** Meteor. Zeitschrift. 1897. Heft 2. S. 41.

H. Wild. **Verbesserter Ombrograph und Atmograph.** Bull. Acad. des Sciences de St. Petersbourg. Bd. V. 1896. p. 357.

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CIII. Untersuchungen über den Einfluß der mechanischen Bearbeitung auf die Fruchtbarkeit des Bodens.

(Zweite Mittheilung.)

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

II. Die durch die Lockerung hervorgerufene mechanische Beschaffenheit des Bodens.

Während in der ersten Mittheilung[1]) über vorliegenden Gegenstand der Einfluß der Lockerung an sich in Betracht gezogen wurde, soll an dieser Stelle nunmehr auch der Frage näher getreten werden, inwieweit die bei der mechanischen Bearbeitung hervorgerufenen Verschiedenheiten in der Struktur des Bodens einen Einfluß auf die Fruchtbarkeitsverhältnisse desselben auszuüben vermögen. Eine Untersuchung der einschlägigen Naturerscheinungen dürfte um so willkommener sein, als die Vorstellungen über das bei der Zerkleinerung der Bodenmasse zu erstrebende Ziel in der Praxis noch im hohen Grade unklar sind. Während auf der einen Seite die Ueberführung des Ackerlandes in eine pulverförmige Masse empfohlen wird (Pulvern), sucht man auf der anderen Seite geltend zu machen, daß das Erdreich behufs Herbeiführung günstigster Fruchtbarkeitsverhältnisse nur insoweit zu zertrümmern sei, daß dasselbe für den ungehinderten Zutritt der atmosphärischen Luft stets aufgeschlossen bleibe (Krümeln). Demnach wird in dem einen Fall die «Einzelkornstruktur»,

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 63—75.

in dem anderen die «Krümelstruktur» als die zweckmäßigste Form des normal bearbeiteten Ackerlandes angesehen.

Nach den zahlreichen, in dieser Zeitschrift veröffentlichten Untersuchungen über den Einfluß der Struktur des Bodens in Bezug auf seine Bindigkeit und sein Verhalten der Luft dem Wasser und der Wärme gegenüber kann wohl kein Zweifel darüber bestehen, welcher der beiden bezeichneten Ansichten der unbedingte Vorzug einzuräumen sei. Hinsichtlich der Kohäreszenz ergab sich[1]), daß das Erdreich unter sonst gleichen Umständen im Zustande der Einzelkornstruktur eine ungleich größere Konsistenz besitzt als bei krümeliger Beschaffenheit, und daß diese Unterschiede im Allgemeinen in dem Grade zunehmen, als sich die Bodenfeuchtigkeit verringert. Weiters wurde der Nachweis geliefert[2]), daß der Boden im pulverförmigen Zustande weniger Luft enthält als im krümeligen, und daß diese Unterschiede mit zunehmendem Wassergehalt wachsen. Von maßgebendem Einfluß erwies sich ferner die Struktur auf die Permeabilität des Bodens für Luft, und zwar in der Weise, daß die Ackerkrume im Krümelzustande wesentlich durchlässiger für Luft war als bei pulverförmiger Beschaffenheit[3]).

In gleicher Weise wie der Luft wird dem Wasser gegenüber durch die Krümelung eine wesentliche Aenderung in dem bezüglichen Verhalten des Bodens herbeigeführt. Das Wasser wird in dem pulverförmigen Boden schneller und höher gehoben als in dem krümeligen und dringt in letzteren mit größerer Geschwindigkeit ein als in jenen[4]). Der in seine einzelnen Elemente zerlegte Boden nimmt beträchtlich größere Wassermengen auf als derjenige, in welchem sich Aggregate gebildet hatten[5]). In der Verdunstung ergiebt sich insofern ein auffallender Unterschied, als der Boden in Pulverform größere Mengen von Wasser an die Atmosphäre abgiebt als bei krümeliger Beschaffenheit[6]). Betreffs der Permeabilität des Bodens für Wasser führten die einschlägigen Versuche zu dem Resultat, daß das krümelige Erdreich beträchtlich durchlässiger sich erweist als das ge-

1) Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 214.
2) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 369.
3) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 212.
4) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 285 und 288.
5) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 198.
6) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 66.

pulverte[1]). Unterschiede solcher Art in den einzelnen Faktoren der Bodenfeuchtigkeit bedingen, daß unter natürlichen Verhältnissen der gekrümelte Boden einen wesentlich niedrigeren Wassergehalt besitzt, geringere Mengen von Wasser verdunstet, aber eine stärkere Absickerung in die Tiefe zeigt als unter sonst gleichen Verhältnissen der pulverförmige[2]). In dem Gange der Bodenfeuchtigkeit tritt die bemerkenswerthe Thatsache in die Erscheinung, daß die Schwankungen des Wassergehaltes bei dem in seine Einzelkörner zerlegten Boden größer sind als im Krümelzustand.

Schließlich darf nicht außer Acht gelassen werden, daß der krümelige Boden im Durchschnitt wärmer ist als der pulverförmige[3]).

Unter Berücksichtigung der im Bisherigen geschilderten Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften des krümeligen und pulverförmigen Bodens wird ermessen werden können, in welcher Weise die Fruchtbarkeit der Ackerkrume von deren Strukturverhältnissen beeinflußt wird.

In dem sich bei der Anfeuchtung dicht lagernden und bei der Austrocknung eine feste Masse bildenden pulverisirten Boden ist das Wachsthum der Wurzeln der Pflanzen wegen der sich darbietenden erheblichen Widerstände sehr gehemmt. Dazu kommt, daß in einem derartig beschaffenen Boden die disponiblen Luftmengen, besonders wenn derselbe durchfeuchtet wird, derart beschränkt werden, daß die Athmung der Wurzeln nur unvollkommen vor sich gehen kann. Ist dagegen der Boden gekrümelt, so können sich die Wurzeln ohne besondere Schwierigkeit wegen des lockeren Zustandes desselben ausbreiten und in normaler Weise ihre Funktionen erfüllen, weil die Luft in überreichlichen Mengen vorhanden ist.

Auch hinsichtlich der gebotenen Wassermengen sind die Pflanzen in dem krümeligen Erdreich wesentlich besser situirt als in dem pulverförmigen, denn im ersteren Fall sind sie bei ergiebigen Niederschlägen vor übermäßiger und daher schädlich wirkender Feuchtigkeit, bei anhaltender Trockenheit vor Wassermangel ungleich besser geschützt als in letzterem.

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIV. 1891. S. 27.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 395.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 191.

Im Uebrigen erweist sich die Struktur von hervorragender Bedeutung für die im Ackerlande vor sich gehenden chemischen Prozesse. Bei pulverförmiger Beschaffenheit ist die Luftzufuhr nicht allein eine beschränkte, sondern dieselbe ist bei feuchter und nasser Witterung durch Sättigung des Erdreiches mit Wasser vollständig aufgehoben, in Folge dessen die Zersetzung der in Form von Stalldünger zugeführten oder als Pflanzenreste vorhandenen organischen Stoffe einen anomalen Verlauf nimmt. Letztere unterliegen einem Fäulnißprozeß, bei welchem sich die entstehenden Humussubstanzen in Form einer torfähnlichen Masse ansammeln, welche die vorhandenen Nährstoffe größtentheils in sich einschließt und deren Uebergang in den aufnehmbaren Zustand mehr oder weniger hindert. In dem krümeligen Boden finden dagegen in Folge des ungehinderten Luftzutrittes und der relativ gleichmäßigen Durchfeuchtung des Erdreiches bei wechselnder Witterung kräftige Oxydationsprozesse statt, die organischen Substanzen unterliegen der Verwesung, indem sie sich verflüchtigen und stickstoffhaltige und assimilirbare mineralische Nährstoffe liefern [1]).

Zieht man schließlich in Betracht, daß die in Form von Salzen vorhandenen Nährstoffe in dem krümeligen Boden sowohl bei trockener als auch bei feuchter Witterung gleichmäßiger vertheilt sind als in dem pulverförmigen [2]), so wird auf Grund sämmtlicher im Vorstehenden geschilderten Erscheinungen gefolgert werden müssen, daß bei der Lockerung aller für Luft schwer zugänglichen und sich leicht mit Wasser sättigenden Bodenarten die Herstellung der Krümelstruktur an erster Stelle in das Auge zu fassen, der Uebergang des Bodens in einen pulverförmigen Zustand aber auf das Sorgfältigste zu vermeiden ist.

Wenn die mitgetheilten Thatsachen noch nicht als ausreichend zur Begründung dieser Schlußfolgerung betrachtet werden sollten, so wird man sich sicherlich derselben gegenüber nicht weiter ablehnend verhalten dürfen, wenn man die Resultate der diesbezüglichen Kulturversuche des Referenten in Betracht zieht. Dieselben wurden mit einem Lehmboden (Ziegellehm von Berg am Laim bei München) angestellt, welcher theils

---

[1]) *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen, mit Rücksicht auf die Bodenkultur. Heidelberg. 1897. Carl Winter.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 10.

durch Zerreiben in einem Porzellanmörser in ein Pulver (0,0—0,25 mm Korndurchmesser), theils durch Siebe in ein Gemisch von Krümeln, von 0,5—4,0 mm Durchmesser, verwandelt worden war. Der in dieser Weise zubereitete Boden wurde mit gleichen Mengen Pferdedüngerpulver und künstlichem Dünger (Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter) gemengt und in Vegetationsgefäße zu gleichen Gewichtsmengen gefüllt.

In Versuch 1 (1894) wurden Blumentöpfe verwendet, welche äußerlich glasirt waren und bis zu 2 cm unter dem Rande 4 kg Boden faßten. In Versuch II (1895) wurden ebenso beschaffene Töpfe gewählt, welche aber 6 kg Lehm aufzunehmen vermochten. Versuch III (1896) wurde mit Hilfe von Zinkblechgefäßen ausgeführt, welche den von *Paul Wagner* in dessen Düngungsversuchen benutzten nachgebildet waren und sich von letzteren nur dadurch unterschieden, daß 2,5 cm über dem Gefäßboden eine fein durchlöcherte Platte angebracht war, auf welcher das Versuchsmaterial aufruhte. Das etwa durch die Siebplatte tretende Wasser konnte durch eine kleine, seitwärts angelöthete, in dem Niveau des Gefäßbodens liegende Abflußröhre entfernt werden. Diese Vegetationsgefäße hatten einen Durchmesser von 25 cm und bis zum Siebboden eine Höhe von 20 cm. Bis 2 cm unter dem Rande gefüllt, enthielten sie 10 kg Lehmboden. Vor dem Einfüllen des Versuchsmaterials wurde die Siebplatte mit grober Hanfleinwand bedeckt, um das Durchsickern der feinerdigen Bestandtheile hintanzuhalten.

Die wie vorstehend beschriebenen Vegetationsgefäße wurden mit dem lufttrockenen Lehmboden zunächst nicht vollständig, sondern bis zu 2 cm unter der späteren Oberfläche beschickt. Nach Ebnung der obersten Schicht wurde das bezeichnete Gemisch von künstlichen Düngemitteln (in einer Menge von 4 gr in Versuch I, von 6 gr in Versuch II und von 7 gr in Versuch III) gleichmäßig ausgestreut[1]), worauf die Gefäße zur vollen Höhe gefüllt wurden. Nachdem dies geschehen und die Oberfläche geebnet worden war, erfolgte die Ansaat, indem von der betreffenden Pflanze mehrere Körner an jeder der gleichmäßig vertheilten Pflanzstellen ausgelegt wurden. Später wurden die Pflanzen verzogen, so daß an jeder Pflanzstelle nur eine stehen blieb. Lein, Rothklee, Luzerne und das Gräsergemisch wurden breitwürfig ausgesäet. Die Saattiefe betrug nach

[1]) Das Pferdedüngerpulver war vorher der ganzen Bodenmasse in einer Menge von 5 gr pro 1000 gr Material durch sorgfältiges Mischen einverleibt worden.

Maßgabe der bezüglichen Anforderungen der Gewächse 1—3 cm, bei den Knollen der Kartoffeln 10 cm.

Die Anfeuchtung des Erdreiches wurde nach dem Auslegen der Samen und Knollen vorgenommen, in Versuch I und III durch allmähliches Aufgießen von Wasser, in Versuch II durch unterirdische Zufuhr. Um letzteres bewirken zu können, war auf dem Boden der Blumentöpfe eine 3 cm hohe Kiesschicht und auf dieser ein Zinkblechcylinder angebracht, dessen nach oben gerichtete Oeffnung mit einer langen, 10 cm über den Rand des Gefäßes hervorragenden gläsernen Trichterröhre verkittet war, durch welche das Wasser eingeführt wurde. Die Wasserzufuhr wurde in allen Versuchen so bemessen, daß das Versuchsmaterial 50% derjenigen Wassermenge enthielt, welche es bei vollständiger Sättigung zu fassen vermochte. Dabei wurde die vom pulverförmigen Boden festgehaltene Maximalwassermenge zu Grunde gelegt. Hiernach wurden 240 gr Wasser pro je 1000 gr Boden zur Anfeuchtung benutzt. Während der Vegetation der Pflanzen wurde der Wassergehalt des Erdreiches durch täglichen Ersatz des verdunsteten Wassers auf gleicher Höhe erhalten.

Die Vegetationsgefäße waren in einem Glashause aufgestellt, welches bei regenloser Witterung tagsüber seitwärts geöffnet wurde. Die Pflanzen empfingen nur Morgens und Abends Sonnen-, am Tage diffuses Licht.

Ueber die Ergebnisse dieser Versuche geben die folgenden Tabellen nähere Auskunft:

Versuch I (1894).

Lehm ohne Kalk.

Je 7 Pflanzen.

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Halme und Stengel	Zahl der Aehren resp. Schoten	Ernte				Relatives Verhältniß	
				Zahl der Körner	Körner gr	Stroh gr	Spreu gr	Körner	Stroh und Spreu
Sommer-weizen	pulverförmig	9	9	84	1,8	9,9	0,4	100,0	100,0
	krümelig	11	11	152	4,0	11,5	0,6	222,2	117,5
Sommer-raps	pulverförmig	7	68	—	1,0	7,0	1,1	100,0	100,0
	krümelig	7	80	—	3,6	8,0	2,3	360,0	127,2

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Halme und Stengel	Zahl der Aehren resp. Schoten	Ernte: Zahl der Körner	Ernte: Körner gr	Ernte: Stroh gr	Ernte: Spreu gr	Relatives Verhältniß: Körner	Relatives Verhältniß: Stroh und Spreu
Erbse	pulverförmig	7	12	26	6,2	19,2	2,6	100,0	100,0
	krümelig	7	16	40	9,0	19,8	3,2	145,0	109,6
Weiße Lupine (L. albus)	pulverförmig	7	10	12	5,0	11,4	6,4	100,0	100,0
	krümelig	7	14	32	16,0	24,6	15,4	320,0	224,7

Lehm mit Kalk.

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Halme und Stengel	Zahl der Aehren resp. Schoten	Ernte: Zahl der Körner	Ernte: Körner gr	Ernte: Stroh gr	Ernte: Spreu gr	Relatives Verhältniß: Körner	Relatives Verhältniß: Stroh und Spreu
Sommerweizen	pulverförmig	10	6	60	1,2	12,0	0,4	100,0	100,0
	krümelig	15	12	100	2,0	21,4	0,8	166,6	179,0
Sommerraps	pulverförmig	7	82	—	3,0	10,4	1,8	100,0	100,0
	krümelig	7	86	—	3,4	11,6	1,9	113,3	110,6
Erbse	pulverförmig	7	14	30	7,4	16,6	2,9	100,0	100,0
	krümelig	7	18	42	10,8	17,6	4,3	145,9	112,3
Weiße Lupine (L. albus)	pulverförmig	7	16	16	7,6	14,6	10,2	100,0	100,0
	krümelig	7	18	22	11,6	19,0	13,2	152,6	129,8

Versuch II (1895).

Je 6 Pflanzen.

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Halme	Zahl der Aehren und Rispen	Ernte: Zahl der Körner	Ernte: Körner gr	Ernte: Stroh gr	Ernte: Spreu gr	Relatives Verhältniß: Körner	Relatives Verhältniß: Stroh und Spreu
Sommerweizen	pulverförmig	18	18	253	5,6	13,9	2,4	100,0	100,0
	krümelig	18	18	314	7,2	17,7	2,9	128,6	126,4
Sommerroggen	pulverförmig	24	18	301	8,0	13,1	1,4	100,0	100,0
	krümelig	25	18	349	9,6	15,3	1,8	120,0	117,9
Gerste	pulverförmig	17	17	289	9,3	11,9	1,7	100,0	100,0
	krümelig	18	18	315	11,5	14,8	1,5	123,6	119,9
Hafer	pulverförmig	18	18	264	9,8	14,0	1,2	100,0	100,0
	krümelig	18	18	373	14,5	19,7	2,0	147,9	142,8

Je 6 Pflanzen.

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Stengel	Zahl der Hülsen	Ernte				Relatives Verhältniß	
				Zahl der Körner	Körner gr	Stroh gr	Spreu gr	Körner	Stroh und Spreu
Sommerraps	pulverförmig	6	143	1353	2,7	4,9	3,0	100,0	100,0
	krümelig	6	169	1624	3,4	5,8	3,5	125,9	117,7
Erbse	pulverförmig	6	12	48	20,8	23,3	3,1	100,0	100,0
	krümelig	6	22	67	26,0	30,2	4,2	128,1	130,3
Ackerbohne	pulverförmig	11	18	37	20,1	28,2	3,2	100,0	100,0
	krümelig	11	22	49	28,0	37,0	4,9	139,3	133,4

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Pflanzen	Ernte			Relatives Verhältniß	
			Zahl der Wurzeln resp. Knollen	Wurzeln resp. Knollen gr	Blätter resp. Kraut[2]) gr	Wurzeln resp. Knollen	Blätter resp. Kraut
Teltower Rübe	pulverförmig	6	6	48,2	18,7	100,0	100,0
	krümelig	6	6	59,3	24,3	123,0	129,9
Kartoffel[1])	pulverförmig	4	8	112,0	14,3	100,0	100,0
	krümelig	4	10	137,2	17,2	122,5	120,3

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Grüne Masse (gr)			Lufttrockene Masse (gr)			Relatives Verhältniß	
		1. Schnitt	2. Schnitt	Summa	1. Schnitt	2. Schnitt	Summa	Grüne Masse	Lufttrockene Masse
Rothklee	pulverförmig	120,4	52,1	172,5	21,9	6,3	28,2	100,0	100,0
	krümelig	165,2	69,2	234,4	33,9	9,0	42,9	135,9	152,1

Versuch III (1896).

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Pflanzen	Zahl der Hülsen	Zahl der Stengel	Ernte				Relatives Verhältniß	
					Zahl der Körner	Körner gr	Stroh gr	Spreu gr	Körner	Stroh und Spreu
Buschbohne	pulverförmig	5	18	—	76	28,1	31,6		100,0	100,0
	krümelig	5	31	—	107	43,9	49,4		156,2	156,3

[1]) Aus Knospenstücken gezogen.

[2]) Lufttrocken.

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Pflanzen	Zahl der Hülsen resp. Köpfe	Zahl der Stengel	Ernte				Relatives Verhältniß	
					Zahl der Körner	Körner gr	Stroh gr	Spreu gr	Körner	Stroh und Spreu
Lupine (L. albus)	pulverförmig	6	0	—	0	0	5,9		—	100,0
	krümelig	6	11	—	30	21,2	40,3		—	683,0
Lein	pulverförmig	—	—	260	1090	3,3	34,3	7,8	100,0	100,0
	krümelig	—	—	374	1360	4,1	47,4	9,6	124,2	135,4
Mohn	pulverförmig	10	6	—	—	5,2	42,5		100,0	100,0
	krümelig	10	10	—	—	10,8	67,4		207,7	158,6

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Zahl der Pflanzen	Zahl der Blätter resp. Stengel	Ernte			Relatives Verhältniß	
				Zahl der Wurzeln resp. Knollen	Wurzeln resp. Knollen gr	Blätter resp. Kraut gr	Wurzeln resp. Knollen	Blätter resp. Kraut
Runkelrübe	pulverförmig	4	42	4	60,7	129,4	100,0	100,0
	krümelig	4	50	4	76,4	172,5	125,8	133,3
Kohlrübe	pulverförmig	5	—	5	70,1	59,8	100,0	100,0
	krümelig	5	—	5	87,9	85,7	125,4	143,3
Mohrrübe	pulverförmig	4	27	4	108,2	128,1	100,0	100,0
	krümelig	4	36	4	194,3	146,5	179,6	114,4
Kartoffel	pulverförmig	4	13	18	163,7	118,2	100,0	100,0
	krümelig	4	13	24	281,0	219,0	171,6	185,3

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Grüne Masse (gr)				
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	Summa
Gräsergemisch	pulverförmig	29,8	50,6	34,6	21,3	136,3
	krümelig	40,0	64,8	49,6	44,2	198,6
		Lufttrockene Masse (gr)				
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	4. Schnitt	Summa
	pulverförmig	2,6	6,6	4,2	5,3	18,7
	krümelig	4,2	9,0	6,3	9,0	28,5

Rel. Verhältniß:	Grüne Masse	Lufttrockene Masse
pulverförmig	100,0	100,0
krümelig	145,7	152,4

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Grüne Masse (gr)			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Summa
Luzerne	pulverförmig	51,5	31,7	9,8	**93,0**
	krümelig	70,4	54,7	15,2	**140,3**
		Lufttrockene Masse			
		1. Schnitt	2. Schnitt	3. Schnitt	Summa
	pulverförmig	7,6	3,5	2,3	**13,4**
	krümelig	10,8	7,3	5,6	**23,7**
	Rel. Verhältniß:	Grüne Masse		Lufttrockene Masse	
	pulverförmig	100,0		100,0	
	krümelig	150,9		176,9	

Unter sonst gleichen Verhältnissen hatten sonach die Pflanzen ohne Ausnahme in dem krümeligen Boden beträchtlich höhere Erträge geliefert als im pulverförmigen. Es kann sonach darüber kein Zweifel bestehen, daß die **Krümelstruktur** denjenigen Zustand der Ackerkrume bezeichnet, dessen Herbeiführung im rationellen Betriebe der Landwirthschaft vor Allem anzustreben ist.

Gegenüber dem etwa zu erhebenden Einwande, daß die Ergebnisse vorstehender Topfversuche nicht ohne Weiteres auf die natürlichen Verhältnisse übertragen werden dürften, sei darauf hingewiesen, daß auch die im Freien unter dem Einfluß aller Witterungszustände ausgeführten Untersuchungen ein gleiches Resultat geliefert haben. Bei Ausführung derselben wurden aus starken Brettern hergestellte Holzrahmen von 22 cm Höhe und einem Querschnitt von 20 : 20 resp. von 30 : 30 cm auf einer Kiesfläche des Versuchsfeldes in gleichmäßigen Abständen bis 2 cm unter dem Rande eingesenkt und mit pulverförmigem und krümeligem Lehmboden gefüllt. Da die Holzrahmen keinen Boden besaßen, so ruhte das Versuchsmaterial auf dem aus Glazialschotter bestehenden, für Wasser vollständig durchlässigen Untergrund direkt auf. Eine Düngung wurde nicht vorgenommen. Hinsichtlich der Resultate dieser Versuche sind die Daten in folgender Tabelle zu vergleichen:

Versuch IV (1880).
Erbse.

Bodenfläche qcm.	Zahl der Pflanzen	Ernte	Lehm pulverförmig	Lehm krümelig	Rel. Verhältniß pulverförmig	Rel. Verhältniß krümelig
400	4	Körner (gr) Stroh und Spreu (gr)	17,0 31,0	33,4 40,2	100,0 100,0	196,4 120,4

Versuch V (1887).
Sommerroggen.

900	9	Körner (gr) Stroh und Spreu (gr)	7,7 71,4	21,5 75,9	100,0 100,0	279,2 106,3

Sommerraps.

900	9	Körner (gr) Stroh und Spreu (gr)	20,5 50,0	45,4 122,0	100,0 100,0	221,4 244,0

Versuch VI (1888).
Erbse.

900	9	Körner (gr) Stroh und Spreu (gr)	59,5 59,0	66,2 62,0	100,0 100,0	111,3 105,1

Versuch VII (1890).
Ackerbohne.

900	16	Körner (gr) Stroh und Spreu (gr)	17,6 63,7	21,5 70,1	100,0 100,0	122,2 110,0

Aus diesen Daten geht deutlich genug hervor, daß die Ergebnisse der Topfversuche durch jene der im Freien angestellten Versuche bestätigt werden.

Von den bezüglich des Wachsthums der Pflanzen gemachten Beobachtungen dürften verschiedene ein allgemeines Interesse gewähren. Dahin ist zunächst die Thatsache zu rechnen, daß die Pflanzen in dem krümeligen Boden eher an der Oberfläche erscheinen und sich gleich anfangs sichtlich kräftiger entwickeln als jene in dem pulverförmigen Erdreich. Die Einzelkornstruktur erwies sich besonders schädlich bei der Keimung der schmetterlingsblüthigen Pflanzen, und zwar nicht nur der mit großen, sondern auch der mit kleinen Samen versehenen (Luzerne).

Von Ackerbohnen, Buschbohnen und vornehmlich von Lupinus albus gingen viele Samen durch Fäulniß in dem pulverförmigen Erdreich zu Grunde. Am meisten litt die weiße Lupine (Versuch III), welche bis zum Ende der Vegetation ein bleiches (chlorotisches) Aussehen beibehielt und keine Hülsen ansetzte.

Bei dem Lein (Versuch III) verminderte sich bereits in den ersten Entwickelungsstadien die Zahl der Pflänzchen in dem pulverförmigen Boden durch Abfaulen der Stengel dicht über der Bodenoberfläche. Es waren in jedem Gefäß 2 gr Leinsamen mit 384 Stück ausgesät worden. Bei der Ernte betrug die Zahl der Pflanzen in dem krümeligen Boden: 374, in dem pulverförmigen: 260; demgemäß waren in dem ersteren 2,6 %, in dem letzteren dagegen 32,3 % zu Grunde gegangen.

Bei den Rübengewächsen wurde die Beobachtung gemacht, daß dieselben sich mit ihren Wurzeln in dem krümeligen Boden tiefer zurückzogen als in dem pulverförmigen. Im ersteren Fall erreichten die Wurzeln die Siebplatte, auf welcher das Erdreich aufruhte und verzweigten sich auf dieser, während dies im zweiten Fall nicht statt hatte. Hieraus ist zu schließen, daß der Boden im Zustand der Einzelkornstruktur dem Eindringen der Wurzeln einen größeren Widerstand entgegenstellt als bei krümeliger Beschaffenheit.

In Ansehung des außerordentlichen Einflusses, den die durch Lockerung bewirkte Struktur des Ackerlandes auf dessen Fruchtbarkeitsverhältnisse auszuüben vermag, erscheint die Frage nicht überflüssig, inwieweit dadurch gleichzeitig die Wirkung der dem Boden zugeführten Nährstoffe alterirt werde. Schon a priori ließ sich vermuthen, daß eine Abänderung des Einflusses der Düngung durch die Strukturverhältnisse des Bodens hervorgerufen werde, nachdem durch anderweitige ausführliche Versuche der Nachweis der Abhängigkeit der Wachsthumsbedingungen von einander nachgewiesen worden war[1]).

Die einschlägigen Versuche des Referenten wurden in derselben Weise wie jene sub III ausgeführt, mit der Ausnahme, daß dem Lehm kein Pferdedüngerpulver zugefügt wurde. Zur Düngung wurde ein Gemisch aus gleichen Theilen Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter verwendet, in einer Menge von 6 gr pro Gefäß (1230 kg pro ha). Die Resultate stellten sich wie folgt:

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 53—109.

Versuch V (1897).

Sommerroggen.
Je 20 Pflanzen.

Beschaffenheit des Bodens	Düngung	Zahl der Halme und Triebe	Zahl der Aehren resp. Schoten	Zahl der Körner resp. Knollen	Ernte (gr.) Körner	Ernte (gr.) Stroh	Ernte (gr.) Spreu	Relatives Verhältniß Körner	Relatives Verhältniß Stroh und Spreu
pulverförmig	gedüngt	63	54	286	**5,0**	19,2	0,8	100,0	100,0
krümelig	gedüngt	71	57	501	**8,8**	29,3	1,6	176,0	154,5
pulverförmig	ungedüngt	70	53	229	**3,6**	16,8	1,4	100,0	100,0
krümelig	ungedüngt	67	58	371	**6,7**	21,2	1,3	186,1	123,6

Ackerbohne.
Je 12 Pflanzen.

Beschaffenheit des Bodens	Düngung	Zahl der Halme und Triebe	Zahl der Aehren resp. Schoten	Zahl der Körner resp. Knollen	Ernte (gr.) Körner	Ernte (gr.) Stroh und Spreu	Relatives Verhältniß Körner	Relatives Verhältniß Stroh und Spreu
pulverförmig	gedüngt	14	20	28	20,7	42,0	100,0	100,0
krümelig	gedüngt	16	24	35	24,9	66,1	120,3	157,3
pulverförmig	ungedüngt	12	19	33	20,5	34,8	100,0	100,0
krümelig	ungedüngt	15	21	41	24,7	46,1	120,5	132,4

Kartoffel.
Je 4 Pflanzen[1]).

Beschaffenheit des Bodens	Düngung	Zahl der Halme und Triebe	Zahl der Aehren resp. Schoten	Zahl der Körner resp. Knollen	Ernte (gr.) Körner	Ernte (gr.) Stroh	Ernte (gr.) Spreu	Relatives Verhältniß Körner	Relatives Verhältniß Stroh und Spreu
pulverförmig	gedüngt	12	—	17	**142,4**	290	—	100,0	100,0
krümelig	gedüngt	13	—	19	**194,1**	324	—	136,3	111,4
pulverförmig	ungedüngt	7	—	7	**119,2**	193	—	100,0	100,0
krümelig	ungedüngt	12	—	14	**144,0**	268	—	121,6	138,9

Gräsergemisch.
Je 2 gr Samen pro Gefäß.

Beschaffenheit des Bodens	Düngung	Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	Grüne Masse (gr) 2. Schnitt	Grüne Masse (gr) 3. Schnitt	Grüne Masse (gr) Summa	Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	Lufttrockene Masse (gr) 2. Schnitt	Lufttrockene Masse (gr) 3. Schnitt	Lufttrockene Masse (gr) Summa	Relatives Verhältniß Grüne Masse	Relatives Verhältniß Lufttrokkene Masse
pulverförmig	gedüngt	56,2	40,3	30,4	**126,9**	7,7	5,0	5,4	**18,1**	100,0	100,0
krümelig	gedüngt	69,2	55,0	46,3	**170,5**	9,3	7,3	8,8	**25,4**	134,3	140,3
pulverförmig	ungedüngt	46,1	27,2	16,0	**89,3**	6,3	3,9	2,9	**13,1**	100,0	100,0
krümelig	ungedüngt	53,4	38,6	26,7	**118,7**	7,6	5,3	5,3	**18,2**	132,9	138,9

[1]) Aus kleinen Knollen gezogen.

Abgesehen davon, daß der bedeutende Einfluß der mechanischen Beschaffenheit des Bodens auf die Erträge durch vorstehende Daten auf's Neue ersichtlich gemacht wird, ergiebt sich weiter aus letzteren die Thatsache, daß die Düngerwirkung in dem krümeligen Boden eine ungleich bessere ist als in dem pulverförmigen. Dies tritt deutlich hervor, wenn man die durch den Dünger hervorgerufene absolute Ertragssteigerung, welche in Rücksicht auf die Praxis allein in Betracht kommt, für den krümeligen und andererseits für den pulverförmigen Boden berechnet.

		Ertragssteigerung (gr) durch die Düngung	
		Einzelkornstruktur	Krümelstruktur
Sommerroggen	Körner	1,4	2,1
	Stroh und Spreu . .	1,8	8,4
Ackerbohne	Körner[1])	0,2	0,2
	Stroh und Spreu . .	8,2	20,0
Kartoffel	Knollen	23,2	50,1
	Kraut	97,0	56,0
Gräsergemisch	Grüne Masse	37,6	51,8
	Lufttrockene Masse . .	5,0	7,2

Die Unterschiede treten noch mehr hervor, wenn man in Prozentzahlen berechnet, in welchem Grade die durch die Düngung herbeigeführte Erhöhung des Ertrages sich bei dem krümeligen Boden höher stellte als bei dem pulverförmigen. Dies geht aus folgender Uebersicht hervor:

	Sommerroggen	Ackerbohne	Kartoffel
Körner (Knollen) . .	50%	0,0%	115,9%
Stroh (Kraut) . . .	366 »	143,0 »	(— 73,2 »).

Bei dem Gräsergemisch wirkte die Düngung in dem krümeligen Boden besser als im pulverförmigen um

Grüne Masse	Lufttrockene Masse
37,2%	44,0%.

Die vergleichsweise höhere Wirkung der Nährstoffzufuhr liefert einen weiteren Beleg für das an einer anderen Stelle nachgewiesene Gesetz[2]), daß der Einfluß der Düngung sich um so günstiger gestaltet,

[1]) Die Düngung hatte sich in vorliegendem Versuch für die Körnerbildung bei den Ackerbohnen wirkungslos erwiesen.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 75.

je besser der mechanische Zustand des Kulturlandes ist und umgekehrt.

Wenn nach den im Bisherigen mitgetheilten Thatsachen wohl kein Zweifel darüber obwalten kann, daß die bindigen und humosen Bodenarten nur durch die Krümelung unter übrigens gleichen Umständen den höchsten Fruchtbarkeitsgrad erreichen, so wird schließlich der Frage näher zu treten sein, welcher Mittel der Landwirth sich zu bedienen habe, um eine Ackerkrume von normaler Struktur herzustellen. Diese Frage erscheint insofern nicht überflüssig, als nur bei sorgfältiger Anwendung der betreffenden Maßnahmen und genauer Prüfung des jeweiligen Zustandes des Bodens das zu erstrebende Ziel erreicht wird. Die hierbei zu beobachtenden Regeln und Gesichtspunkte in Kürze darzulegen, soll in Folgendem versucht werden.

An erster Stelle muß hervorgehoben werden, daß es nicht allein im hohen Grade vortheilhaft, sondern auch geradezu unbedingt geboten erscheint, das Ackerland sofort nach Aberntung der Frucht mit dem Pfluge zu bearbeiten. Die Nothwendigkeit dieser Maßregel ist aus dem Umstande herzuleiten, daß der Lockerheitsgrad, welchen das Erdreich je nach der Entwickelung der Pflanzen nach der Aberntung besitzt, weiterhin unter dem Einfluß der atmosphärischen Niederschläge mehr oder weniger schnell verloren geht, sobald die schützende Pflanzendecke entfernt worden ist. Der Boden würde sich bei längerem Verbleiben im nackten Zustande dicht zusammenlagern, was zur Folge hätte, daß nicht allein die Herstellung eines krümeligen Zustandes des Ackerlandes, sondern auch die Bearbeitung desselben außerordentlich erschwert wäre. In Bezug auf letzteren Punkt ist besonders in Rücksicht zu ziehen, daß die Kohäreszenz des Bodens, die Adhäsion und die Reibung desselben an den Ackerwerkzeugen[1]) in dem Maße zunehmen, als sich die Masse verdichtet und aus dem Zustand der Krümelstruktur in denjenigen der Einzelkornstruktur übergeht.

Weiter ist behufs Erreichung des angeführten Zweckes die Regel zu befolgen, die erste Pflugarbeit nur bei einem bestimmten Feuchtigkeitsgrad vorzunehmen, wenn nicht gerade das Liegenlassen des Ackerlandes in rauher Furche während des Winters beabsichtigt ist. Aus

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIII. 1890. S. 193 und 214.

den Untersuchungen von *H. Puchner*[1]) geht nämlich zur Evidenz hervor, daß jeder Boden, und besonders der bindige, nur bei einem gewissen mittleren Feuchtigkeitsgrad (ca. 40°/o der vollen Wasserkapazität) in eine krümelige Masse verwandelt werden kann. Man muß die Böden pflügen, wie man sagt, wenn sie «gerade recht» sind, oder gar nicht, wenn man nicht deren mechanische Beschaffenheit auf längere Zeit schädigen will; denn sind sie nässer oder trockener, so krümeln sie nicht und die Erde klebt im ersteren Falle wie Fensterkitt an dem Streichbrett des Pfluges und die Oberfläche des Erdstreifens wird verschmiert, während im letzteren Fall nur harte Schollen aufgeworfen werden, die zwar durch Anwendung von Schollenbrechern, Ringel- und Stachelwalzen sich in ein Haufwerk von harten Brocken, aber niemals hierdurch in eine normal beschaffene Ackerkrume verwandeln lassen. Aus diesen Gründen ist jede Uebereilung, aber auch jede Verzögerung der Pflugarbeit mit den größten Nachtheilen verknüpft und die Beobachtung eines bestimmten Zeittermins für das Gelingen der Bestellungsarbeiten von größter Wichtigkeit. Den angemessensten Grad der Feuchtigkeit, bei welchem der Boden sich am besten krümeln läßt, kann man nach obiger Angabe leicht ermitteln, und jeder Landwirth sollte diese Verhältnisse jedes seiner Felder genau kennen. Wo eine derartige Untersuchung nicht beliebt ist, muß man sich mit anderen, weniger sicheren Mitteln behelfen. Wenn der Boden bei dem Umgraben mit dem Spaten krümelt, an den Werkzeugen nicht klebt oder die gewendete Erde oberflächlich nicht glänzend erscheint, zahlreiche Risse und Sprünge zeigt, oder eine herausgenommene Erdprobe beim Kneten in der Hand nicht mehr klebt, sondern zerbröckelt, so ist im Allgemeinen der Boden so weit abgetrocknet, daß die Bestellungsarbeiten ohne Nachtheil beginnen können.

Bei der Bearbeitung selbst wird man außer auf den normalen Feuchtigkeitsgrad weiter sorgfältig darauf zu achten haben, daß die Furchen, namentlich bei der ersten Pflugarbeit, möglichst schmal (10 bis 12 cm breit) gegriffen werden. Nur in diesem Falle gelingt es, mittelst des Pfluges, soweit dies mit diesem Instrument überhaupt möglich ist, eine den Anforderungen entsprechende Aufhebung im Zusammenhange des Erdreiches herbeizuführen. Weiterhin wird man sich zweckmäßig

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 239.

statt des Pfluges, welcher zur Lockerung des Erdreiches an sich weniger geeignet ist, der Krümmer, Grubber oder Exstirpatoren behufs Krümelung und Mischung der Ackerkrume bedienen.

Auffrierenlassen, also Liegenlassen des Bodens in rauher Furche den Winter hindurch ist schließlich, soweit die Bearbeitung in Betracht kommt, ein Mittel, um dem Boden den normalen Grad der Lockerheit zu geben, weil hierbei die Bodentheile in gründlichster Weise durch das beim Erstarren zu Eis sich ausdehnende Wasser getrennt werden. Im Frühjahr erscheinen dann Thon- und Lehmböden in einem vorzüglichen Kulturzustande, in einem solchen, wie er mit dem Pfluge oder dem Grubber selbst bei sorgfältigster Anwendung dieser Instrumente kaum erreicht werden kann. In der Frostwirkung besitzen wir daher das einfachste Mittel, die strengen Böden zu krümeln, und jeder Praktiker sollte daher danach trachten, die für den Sommerbau bestimmten Felder bereits im Herbste aufzupflügen. Dies kann in diesem Falle auch in nassem Zustande geschehen, denn der Wasserüberschuß wird in Folge der mechanischen Veränderungen des Bodens unter dem Einfluß des Gefrierens und Aufthauens weiterhin beseitigt. Die sonstige Behandlung des Ackerlandes im Frühjahr erfordert die Beobachtung einiger Vorsichtsmaßregeln, wenn der Boden die angenommene Struktur bewahren soll. Man muß nämlich den aufgethauten, durch den Frost zerkleinerten Boden auch in diesem Fall den richtigen Feuchtigkeitsgrad erreichen lassen, ehe man ihn pflügt, und ihn dann weiterhin möglichst wenig bearbeiten, weil er sonst leicht wegen der lockeren Beschaffenheit der Krümel in eine pulverförmige Masse zerfallen könnte. In der Mehrzahl der Fälle genügt eine einmalige Bearbeitung im Frühjahr, die am besten mit dem Grubber vorgenommen wird.

Von den anderweitigen Maßnahmen ist der Vollständigkeit wegen die Mischung der bindigen Böden mit Sand und Mergel anzuführen, wodurch dieselben nicht allein leichter bearbeitbar, sondern auch zur Krümelbildung geneigter gemacht werden.

Schließlich darf der Einfluß der verschiedenen Düngemittel auf die Struktur der Ackerkrume nicht außer Acht gelassen werden. Die Düngemittel organischen Ursprungs (Stallmist, Gründünger) erweisen sich auf allen schwerer bearbeitbaren Böden dadurch sehr vortheilhaft, daß sie zur Ansammlung mehr oder minder großer Mengen von Humusstoffen Ver-

anlassung geben, welche die Krümelbildung in der Ackererde wesentlich unterstützen. Die Art der Zusammenlagerung der Bodentheilchen wird aber auch von den in den künstlichen Düngemitteln enthaltenen Salzen, selbst bei dem Vorhandensein geringer Mengen derselben, beeinflußt, und zwar in sehr verschiedener Weise. In Rücksicht auf die Bedeutung der Struktur für die Fruchtbarkeit des Kulturlandes bieten diese Einwirkungen ein besonderes Interesse, weshalb dieselben hier in Kürze dargelegt werden sollen.

Auf Grund einer stattlichen Zahl exakter Untersuchungen[1]) kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die kohlensauren Alkalien (Kali, Natron und Ammoniak) sowie die löslichen phosphorsauren Salze in dem Boden eine dichte Lagerung der Bodentheilchen hervorrufen, während die Chloride und Nitrate der Bildung von Aggregaten förderlich sind und die Sulfate in dieser Richtung eine mittlere Stellung einnehmen, sich aber in ihrer Wirkung auf die mechanische Beschaffenheit der Ackerkrume der ersten Gruppe nähern. Der Einfluß, den die Salze in der geschilderten Weise ausüben, macht sich bereits bei der Gegenwart verhältnißmäßig geringer Mengen derselben geltend.

Aus der an erster Stelle angeführten Thatsache geht hervor, daß Düngemittel, welche alkalische Karbonate resp. lösliche Phosphate enthalten, die Krümelbildung im Boden beeinträchtigen, unter Umständen unmöglich machen. Für die Wirkung der Alkalikarbonate führt *Hilgard* ein interessantes Beispiel an. In Kalifornien treten Böden auf, welche volksthümlich «Alkaliböden» genannt werden. «Diese enthalten so viel leicht lösliche Salze, daß sich dieselben durch Effloreszenz auf der Oberfläche kundgeben. Unter diesen sind diejenigen, welche alkalische Karbonate enthalten, nicht schwer zu erkennen durch ihre Festigkeit und die Schwierigkeit oder fast Unmöglichkeit, darin eine eigentliche «Ackerkrume» herzustellen. Vielfach wechselt das in vortrefflichem Kulturzustande sich befindende Land derart mit dem «Alkaliland» ab, daß das eine nicht gut ohne das andere zu bewirthschaften ist. Ein solches Feld sieht daher pockennarbig aus. Wird es kreuzweise gepflügt, dann geeggt, bis die Egge nicht mehr wirkt, so verwandelt sich das Alkaliland in ein Haufwerk abgerundeter Schollen von der Größe einer Erbse bis zu der

---

[1]) Vergl. besonders die Untersuchungen von *A. Mayer, E. W. Hilgard* und *R. Ulrich*. Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 251 und 441. — Bd. XIX. 1896. S. 37.

einer Billardkugel; von Ackerkrume ist keine Rede. Unter gleicher Behandlung ist der höhere alkalifreie Theil des Feldes in solchem Bestellungszustande, daß es einem Aschenhaufen gleicht.» Eine Menge von 0,08 % Natriumkarbonat genügt bereits, um die geschilderte dichte Lagerung der Bodentheilchen zu veranlassen.

Hinsichtlich der Einwirkung der übrigen oben angeführten Salze auf die mechanische Beschaffenheit des Erdreiches könnte aus den Ergebnissen der diesbezüglichen Versuche der Schluß abgeleitet werden, daß die Zuführung dieser Salze (Chloride und Nitrate) die Bildung der Krümel im Boden unterstützen müsse. Dies ist jedoch nur so lange der Fall, als sich diese Salze in der Bodenlösung vorfinden. Sobald sie aber von den in die Erde eindringenden meteorischen Wässern ausgewaschen werden, was um so leichter von Statten geht, als die meisten der bezeichneten Salze vom Boden nicht absorbirt werden, so tritt ein Dichtschlämmen der Ackererde ein, welches zu fast vollständiger Undurchlässigkeit derselben für Luft und Wasser und somit direkt und indirekt zu einer sehr bedeutenden Verminderung der Fruchtbarkeit des Bodens führen kann. Der nachtheilige Einfluß der Salze tritt, wie angedeutet, anfangs nicht hervor, im Gegentheil werden bei der Anwendung derselben häufig hohe Ernten erzielt, bis plötzlich ein bedeutender Rückschlag eintritt, nämlich dann, wenn der größte Theil der Salze aus dem Boden ausgewaschen und damit ihr Einfluß auf die für die lockere Beschaffenheit des Erdreiches so bedeutungsvolle Krümelstruktur aufgehoben ist.

Nach dem Vorstehenden unterliegt es keinem Zweifel, daß reichliche Düngungen mit solchen Materialien, welche größere Mengen von salz- und salpetersauren resp. von phosphor- und schwefelsauren Salzen enthalten, sowie Salzwasserüberschwemmungen[1]), auf allen sehr feinkörnigen, namentlich thonhaltigen Böden nachträglich oder direkt einen für die Fruchtbarkeit derselben schädlichen Einfluß insofern ausüben, als der Boden für längere Zeit eine für das Wachsthum der Kulturpflanzen schädliche mechanische Beschaffenheit (Einzelkornstruktur) annimmt. Deutlich treten diese Gesetzmäßigkeiten z. B. in die Erscheinung in dem Verderben des mechanischen Zustandes thonhaltiger Böden durch wiederholte und einseitige Salpeterdüngung. «Ein in dieser Weise forcirter Boden

---

[1]) *A. Mayer*. Journal für Landwirthschaft. Bd. XXVII. 1879. S. 389.

giebt bekanntlich im Anfang schöne Ernten, zeigt dann plötzlich einen Zurückgang, welcher sich nach dem Urtheil gewiegter Praktiker nicht einfach wie beim Sandboden durch eine allerseits vollständige Düngung wieder heben läßt. Der Boden ist mechanisch für lange Zeit ruinirt und die in landwirthschaftlichen Dingen weitblickenden Engländer haben darum die Salpeterdüngung in Verruf erklärt» *(A. Mayer)*. Ebenso verhalten sich auch die salzsauren Salze. Es ergiebt sich sonach, daß gewisse künstliche Düngemittel nur mit größter Vorsicht auf bindigen Bodenarten angewendet und daß, um deren Wirkungen zu paralysiren, Düngungen mit Materialien, welche reichliche Mengen organischer Stoffe enthalten, nicht umgangen werden dürfen.

Von allen in der landwirthschaftlichen Praxis angewendeten Düngemitteln übt der Aetzkalk (der gelöschte, gebrannte Kalk) die günstigste Wirkung auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens aus. Wird derselbe dem Boden beigemischt, so bilden sich lose, flockige Aggregate (Krümel), welche allen, auf ihre Zerstörung hinwirkenden äußeren Einflüssen längere Zeit, oft viele Jahre widerstehen. Hiermit stimmt die praktische Erfahrung überein, daß das Kalken die Thonböden leichter bearbeitbar macht. Um eine derartige günstige Wirkung auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens hervorzurufen, bedarf es größerer Mengen von Aetzkalk als in dem Falle, wo der Kalk als Nährstoff oder behufs Hervorrufung chemischer Veränderungen im Boden zugeführt werden soll. Um auf thonhaltigen Bodenarten eine Verbesserung der physikalischen Beschaffenheit derselben zu bewirken, verwendet man je nach der Bindigkeit etwa 5000—15000 kg Aetzkalk pro ha und darüber. Die Düngungen sind dann alle 6—8 Jahre zu wiederholen.

Der kohlensaure Kalk ist von ähnlichem Einfluß wie der Aetzkalk, wenn auch in einem weit schwächeren Grade. Im Gemisch mit anderen Erdarten (Mergel), besonders mit Sand, wirkt er auf thonreiche Bodenarten auf deren physikalische Beschaffenheit auch durch die beigemengten Bestandtheile günstig ein.

III. Die Häufigkeit und der Zeitpunkt der Lockerung.

Naturgemäß kann die Frage, wie oft und wann das Ackerland zu bearbeiten sei, nur für die speziellen lokalen Verhältnisse nach Maßgabe des jeweiligen mechanischen Zustandes desselben entschieden werden.

Gleichwohl lassen sich in dieser Richtung einige allgemeine Gesichtspunkte aufstellen, welche bei Beurtheilung der einschlägigen Verhältnisse nicht außer Acht gelassen werden dürfen, sobald den zu stellenden Anforderungen Genüge geleistet, d. h. die Herbeiführung der vortheilhaftesten Struktur der Ackerkrume mit dem geringsten Kraftaufwand bewirkt werden soll. Je nachdem das Kulturland mehr oder weniger bindig oder verunkrautet ist, gedüngt oder ungedüngt bleibt, oder im Herbst oder im Frühjahr bestellt werden soll u. s. w., sind die Maßnahmen bei der Lockerung desselben in verschiedener Weise zu treffen.

Wie in dem II. Abschnitt dargethan wurde, ist bei allen bindigen, feinkörnigen und humosen Bodenarten mit allen zu Gebote stehenden Mitteln danach zu trachten, den Boden in eine krümelige Masse zu verwandeln. Bei dem wenig verunkrauteten, für den Anbau im Frühjahr bestimmten Lande wird dies zunächst dadurch erreicht, daß man letzteres sofort nach Aberntung der Vorfrucht mit dem Pfluge bearbeitet. Die Befolgung dieser Grundregel bietet große Vortheile, hauptsächlich insofern, als das Ackerland in Folge des Schutzes, welches die Pflanzendecke demselben gegenüber den mechanischen Einwirkungen der Niederschläge gewährte, gleich nach der Ernte eine mehr oder weniger lockere Beschaffenheit besitzt, so daß dasselbe bei sofortiger Vornahme der Pflugarbeit sich nicht allein leichter bearbeiten, sondern auch mit ungleich geringeren Schwierigkeiten in einen krümeligen Zustand überführen läßt als in dem Falle, wo es nach der Ernte längere Zeit ohne schützende Decke dem Einfluß der Niederschläge ausgesetzt ist und sich verdichtet. Bei zeitiger Ernte der Vorfrucht wird auf bindigen Böden die Pflugfurche, wie bereits oben angeführt, schmal zu wählen, die Erhärtung der obersten Schichten des Bodens bei anhaltender Trockenheit durch scharfes Eggen zu beseitigen und unter Umständen im Spätherbst dem Felde eine nochmalige Bearbeitung mit dem Pfluge zu geben sein.

Im letzteren Fall, sowie dort, wo die Vorfrucht erst spät das Land räumt, werden die Furchen meistentheils breiter bemessen werden können. Von besonderem Belang ist aber der Umstand, daß das Feld während des Winters in rauher Furche verbleibt, damit der Frost in möglichst vollkommener Weise seine Wirkungen auf den Boden auszuüben vermag. Diese letzteren bestehen darin, daß durch das zu Eis erstarrende und sich hierbei ausdehnende Wasser die Bodentheilchen auseinander gerückt

und dadurch Aggregate gebildet werden. Diese Umwandlung des Bodens in eine krümelige Masse vollzieht sich, abgesehen von Nebenumständen, um so besser, je öfter das Gefrieren und Aufthauen des Erdreiches stattfindet und je größer innerhalb gewisser Grenzen die dabei betheiligten Wassermengen sind[1]). In dieser Weise behandelt, weist der Boden im Frühjahr einen vorzüglichen Kulturzustand auf, derart, daß in manchen Fällen eine weitere durchgreifende Bearbeitung nicht erforderlich ist, oder daß diese, wo sie als nothwendig sich herausstellt, mit einem relativ geringen Aufwand sich bewerkstelligen läßt. Ueber die in letzterer Beziehung zu ergreifenden Maßnahmen entscheiden selbstredend die lokalen Verhältnisse. Von diesem Gesichtspunkt aus sind auch die Ergebnisse des im Nachstehenden beschriebenen Versuchs des Referenten zu beurtheilen.

Auf je drei 10 qm großen Parzellen, welche in den Vorjahren ganz gleichmäßig behandelt worden waren, wurde auf zweien derselben die Bodenlockerung im Herbst (1896) vorgenommen, während die dritte Parzelle unbearbeitet blieb. Der Boden, welcher im Herbst gelockert worden war, befand sich während des ganzen Winters in rauher Furche. Im Frühjahr (1897) wurde die eine im Herbst bearbeitete, sowie die unbearbeitet gebliebene Parzelle umgegraben, wohingegen die zweite im Herbst gelockerte Parzelle nur abgerecht und geebnet wurde. Eine Düngung fand nicht statt. Bei der Ernte wurden die aus folgender Tabelle ersichtlichen Resultate ermittelt:

---

[1]) Ueber die in dieser Richtung vom Referenten angestellten Versuche sollen im 4. Heft. Bd. XX. dieser Zeitschrift nähere Mittheilungen gemacht werden.

1896/97.

Pflanze	Anbaumethode	Bearbeitung des Bodens	Saatzeit	Erntezeit	Ernte (gr) Körner resp. Wurzeln	Stroh und Spreu (Blätter)
Sommerroggen	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung Saatmenge: 100 gr	Im Herbst und Frühjahr . . .	29/IV.	10/VIII.	1700	3310
		Nur im Herbst .			1460	2950
		Nur im Frühjahr			1170	2320
Leindotter	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung Saatmenge: 10 gr	Im Herbst und Frühjahr . . .	29/IV.	21/VIII.	1310	2910
		Nur im Herbst .			1260	2860
		Nur im Frühjahr			1180	2750
Erbse	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung à Reihe 25 Körner	Im Herbst und Frühjahr . . .	29/IV.	21/VIII.	1250	5300
		Nur im Herbst .			1190	4800
		Nur im Frühjahr			1040	4240
Runkelrübe	Standraum 50 : 50 cm 40 Pflanzen	Im Herbst und Frühjahr . . .	1/V.	20/IX.	50150	19420
		Nur im Herbst .			46000	16150
		Nur im Frühjahr			29740	13320

Mais.

Anbaumethode	Bearbeitung des Bodens	Saatzeit	Erntezeit	Zahl der Kolben: reife	unreife	Summe	Ernte (gr): Körner	Stroh (grün)	Kolbenstroh
Standraum 40 : 40 cm 60 Pflanzen	Im Herbst und Frühjahr . . .	1/V.	5/X.	63	5	68	4960	14140	2470
	Nur im Herbst .			60	11	61	4530	12300	2290
	Nur im Frühjahr			61	12	73	4010	10060	2020

Kartoffel.

Saatzeit 1. Mai. Ernte 20. September.

Anbaumethode	Bearbeitung des Bodens	Ernte nach Zahl: große	mittlere	kleine	Summe	Ernte nach Gewicht (gr): große	mittlere	kleine	Summe
Standraum 50 : 50 40 Pflanzen	Im Herbst und Frühjahr . . .	84	166	286	536	9200	8320	5410	22930
	Nur im Herbst	73	150	284	507	7920	7930	5740	21590
	Nur im Frühjahr	61	142	303	506	5900	6900	5450	18250

Aus diesen Zahlen ergiebt sich wohl zur Genüge die für die Bodenbearbeitung wichtige Regel, daß jedes Ackerland, welches im Frühjahr bestellt werden soll, im Herbste gepflügt werden muß. Im Speziellen zeigte sich, daß unter den vorliegenden Verhältnissen die nochmalige Bearbeitung im Frühjahr vortheilhafter war als die bloße oberflächliche Lockerung des dem Froste ausgesetzt gewesenen Bodens. Aus dieser Thatsache ohne Weiteres allgemeine Schlußfolgerungen ziehen zu wollen, müßte insofern als verfehlt bezeichnet werden, als der durch den Winterfrost gelockerte Boden je nach der Witterung im Frühjahr so außerordentliche Unterschiede in seiner mechanischen Beschaffenheit aufzuweisen hat, daß die Aufstellung einer für alle Verhältnisse giltigen Regel nicht statthaft erscheint. In Bezug auf letzteren Punkt ist hauptsächlich zu berücksichtigen, daß in schneearmen und in solchen Wintern, während welchen der Boden öfter gefriert und aufthaut, derselbe eine ungleich bessere Krümelung erfährt als in solchen mit starker Schneedecke, zumal im letzteren Fall die großen Mengen von Schmelzwasser zu einer mehr oder minderen Verdichtung der Bodenmasse Veranlassung geben. Im ersteren Fall wird zuweilen scharfes Eggen genügen, um normale Strukturverhältnisse in der Ackerkrume herbeizuführen, meist wird es aber vortheilhaft sein, den Grubber in Anwendung zu bringen, weil dieses Instrument nicht allein zur Herstellung einer günstigen Bodenstruktur geeigneter ist als der Pflug, sondern auch bei Benützung desselben die Wendung des Erdreiches und damit das Heraufbringen von Unkrautsamen an die Oberfläche hintangehalten wird. Für die vergleichsweise bessere Leistung des Grubbers sprechen sehr deutlich die Resultate der von *A. Czerháti*[1]) auf einigen Gütern in Ungarn veranlaßten Versuche, bei welchen bezüglich der Körnerernten Folgendes ermittelt wurde:

Name des Gutes	Angebaute Frucht	Körnerernte in kg pro Kat.-Joch (= 0,58 ha) Bodenbearbeitung des im Herbst gepflügten Feldes im Frühjahr:		
		gepflügt	gegrubbert	geeggt
Keszthely	Hafer	673	826	—
Répcze-Szent-György .	Gerste	1300	1430	1340
Nagi-Kajd	Gerste	1417	1501	1323.

[1]) *Fühling*'s landwirthschaftliche Zeitung. 1894. Heft 8. S. 254—257.

Das Grubbern hatte sich mithin in allen drei Versuchen nützlicher erwiesen als das Pflügen. Das Eggen gab in allen Fällen ein schwächeres Resultat als das Grubbern und zeigte nur in einem Fall eine bessere Wirkung als das Pflügen. Wenn sonach der Grubber, und zwar aus den oben angeführten Gründen, im Allgemeinen bei der Frühjahrsbearbeitung dem Pfluge und der Egge vorzuziehen ist, so kann es doch Vorkommnisse geben, bei welchen das Pflügen im Frühjahr füglich nicht umgangen werden kann. Dies wird der Fall sein, wenn in Folge einer stärkeren Schneedecke die Wirkungen des Frostes hintangehalten werden und der Boden durch das Schneewasser eine Verschlämmung resp. Verdichtung erfährt.

Bei der Bearbeitung des Bodens im Frühjahr und im Sommer ist vor Allem die Regel zu beachten, daß das Land nur bei einem mittleren Feuchtigkeitsgehalt gepflügt werden darf, weil bei einem höheren oder niedrigeren die Krümelung der Bodenmasse eine unvollkommene ist oder überhaupt nicht erzielt werden kann. Auch in diesem Falle erscheint es vortheilhaft, sobald der Boden noch keine Lockerung erfahren hatte, bei der ersten Bearbeitung mit dem Pfluge möglichst schmale Furchen zu greifen. Ueber das Erforderniß eines nochmaligen Pflügens entscheidet der Zustand des Erdreiches. Sobald durch die Niederschläge eine Verdichtung des letzteren eingetreten ist, wird diese Arbeit schlechterdings nicht zu umgehen sein. Befindet sich dagegen der Boden noch in einem besseren mechanischen Zustande, so wird das Grubbern desselben vor der Bestellung die größte Gewähr für die Herstellung einer normal beschaffenen Ackerkrume bieten.

Böden von geringer Kohäreszenz (leichte, sandige Böden), welche den Ackerwerkzeugen nur einen geringen Widerstand entgegenstellen, sollten, wenn sie nicht mit einer Pflanzendecke versehen sind, nur einmal mit dem Pfluge kurze Zeit vor der Bestellung bearbeitet werden. Die Beobachtung eines gewissen Feuchtigkeitsgrades bei der Bearbeitung ist nicht von der Bedeutung wie bei den bindigen Bodenarten; immerhin darf der Boden nicht übermäßig naß oder trocken sein, weil in diesen Fällen die Lockerung überhaupt nicht herbeizuführen oder eine unvollkommene ist. Um dies zu verstehen, hat man die Thatsache zu berücksichtigen, daß solche wie die in Rede stehenden Erdarten nur im feuchten Zustande die Neigung zur Bildung von Aggregaten besitzen,

allerdings in einem unvollkommenen Grade. Die Breite des Pflugstreifens kann auf leichten sandigen Böden wegen vergleichsweise wesentlich geringerer Kohäreszenz größer bemessen werden als auf den bindigen. Betreffs der Frage, ob es vortheilhaft sei, sandige Erdarten im Herbst zu pflügen und den Winter in rauher Furche liegen zu lassen, so ist dieselbe um deswegen zu verneinen, als durch die Wirkungen des Frostes in dem nur mangelhaft krümelnden Erdreich eine so weitgehende Zerstörung der etwa vorhandenen Aggregate herbeigeführt wird, daß dasselbe schließlich in seine Einzelelemente zerfällt (Einzelkornstruktur) und dadurch, sowie durch die gleichzeitigen Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge eine für die Vegetation nachtheilige Verdichtung erfährt.

Bei der Unterbringung von Stalldünger wird auf den bindigen Bodenarten eine mindestens zweimalige Bearbeitung mit dem Pfluge nicht umgangen werden können. Dies ergiebt sich aus der Nothwendigkeit, den Dünger flach unterzubringen (8—12 cm), weil nur in diesem Falle die für eine normale Zersetzung desselben erforderlichen Luftmengen zur Verfügung stehen. Deshalb ist eine zweite Pflugfurche erforderlich, welche sich dann bis zur vollen Tiefe der Ackerkrume zu erstrecken hat. Sollte die Ackerkrume sich späterhin unter dem Einfluß ergiebiger Regen in gewissem Grade fester zusammengelagert haben, so wird der Grubber die vortheilhafteste Verwendung finden, auch insofern, als mittelst desselben die Mischung des Düngers mit dem Boden in ungleich vollkommenerer Weise bewerkstelligt werden kann als mit irgend einem anderen Ackerinstrument. Auf den für Luft leicht zugänglichen Böden wird der Dünger zweckmäßig tiefer untergebracht als auf den bindigen, damit die Zersetzung nicht zu schnell verlaufe und die Nährstoffe in löslicher Form nicht in solchen Mengen angesammelt werden, daß sie der Gefahr der Auswaschung unterliegen. Eine gewisse Grenze darf jedoch auch bei solchen Erdarten nicht überschritten werden. Wenn Zahlen beliebt sind, so dürften 18 cm als tiefste Lage des Stalldüngers zu bezeichnen sein. In der Mehrzahl der Fälle wird in dem Betracht, daß der Sandboden eine durchgreifendere Bearbeitung erfordert, unter den in Rede stehenden Verhältnissen demselben eine zweite Pflugfurche gegeben werden müssen.

Für den Fall, wo der Boden mit Pflanzen (Unkraut, Klee- und Grasstoppel) besetzt ist und letztere bei der Vorbereitung des Erdreiches

für die folgende Frucht vernichtet werden müssen, bietet die Schälmethode besondere Vortheile. Dieselbe wird in der Weise ausgeführt, daß man den Boden entweder mit einem gewöhnlichen, mit einem Schälschaar (Vorschaar) versehenen Pflug bearbeitet, oder denselben mehrere Wochen vor dem eigentlichen Pflügen in einer Tiefe von 2,5—4 cm abschält und durch Eggen die herausgerissenen Pflanzenwurzeln zum Absterben bringt. Ersteres Verfahren, von *Schwerz* empfohlen, bei welchem die durch das Vorschaar abgehobene oberste Ackerschicht sammt den darin befindlichen Pflanzen in die nebenliegende Furche geworfen und durch die von dem hinteren tiefarbeitenden Pflugkörper gewendete Erde bedeckt wird, läßt sich nur dort anwenden, wo das Ackerland mit genügenden Feuchtigkeitsmengen versehen ist und die abgeschälte Schicht bei dem Wenden ihren Zusammenhang behält. Nur unter diesen Bedingungen wird einerseits die Bearbeitung des Ackerlandes bis zur vollen Tiefe und andererseits die wünschenswerthe Unterbringung der Pflanzen möglich sein. Bei trockener Beschaffenheit des Bodens, sowie in dem Falle, wo die abgeschälte oberste Schicht aufrollt, auf das gepflügte Land beim Wenden geworfen und deshalb nur unvollkommen bedeckt wird, empfiehlt sich entschieden die an zweiter Stelle angeführte, von *v. Rosenberg-Lipinsky* mit großem Erfolg angewandte Methode. Dieselbe bietet unter den angegebenen Umständen den Vortheil, daß die abgeschälte, durch Eggen zerkleinerte oberste Bodenschicht im Verein mit der aus den abgestorbenen Pflanzentheilen sich bildenden Decke die Verdunstung aus dem Boden in einem außerordentlichen Grade hemmt [1]), derart, daß in der Zwischenzeit bis zu dem eigentlichen Pflügen der Boden durch die indessen zugeführten Niederschläge mit den zur Herstellung einer normalen Struktur erforderlichen Feuchtigkeitsmengen versehen wird, ganz abgesehen davon, daß die Pflanzen bei zweckmäßiger Anwendung der Egge, ev. des Exstirpators vollkommen zum Absterben und später in wünschenswerther Weise untergebracht werden.

IV. Die oberflächliche Lockerung des Bodens.

Der Einfluß, welchen die oberflächliche Lockerung, wie solche durch die Egge- und Hackarbeit bewirkt wird, auf die Fruchtbarkeitsverhältnisse des Ackerlandes ausübt, ist, je nach der Beschaffenheit des letzteren,

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 328. — Bd. VII. 1884. S. 43. 52 und 85. — Bd. X. 1887. S. 293.

ein verschiedener. Liegt das Land in rauher Furche, so ist die sofortige Anwendung der Egge geboten, sobald eine Trockenperiode eintritt, und zwar bei leichten Bodenarten, weil durch die Ebnung die verdunstende Oberfläche verkleinert und dadurch einer nachtheiligen Austrocknung des Landes vorgebeugt, bei bindigen Böden, weil in Folge der mechanischen Zerkleinerung die Erhärtung und die Klumpenbildung in der Masse hintangehalten wird. Im letzteren Fall wird nicht außer Acht gelassen werden dürfen, daß eine Krümelung der betreffenden Bodenpartieen nur dann erzielt werden kann, wenn die Eggearbeit bei einem mittleren Feuchtigkeitsgrad des Erdreiches vorgenommen wird.

Im Uebrigen hat die Lockerung der zu Tage tretenden Bodenschichten die Bedeutung, daß dieselben bei eintretender Verdichtung eine mechanische Veränderung erleiden, durch welche der Luft Zutritt zu den tieferen Partieen verschafft wird. Außerdem hat die Ueberführung der obersten Ackerschicht in einen krümeligen Zustand die Wirkung, daß der kapillare Aufstieg des Wassers an die Oberfläche unterbrochen und dadurch die Wasserverdunstung aus der Ackerkrume beschränkt wird[1]). Durch fragliche Prozedur wird zwar zunächst die Verdunstung in den zu Tage liegenden Schichten beschleunigt, dies hat aber zur Folge, daß sich auf der Oberfläche des Bodens eine abgetrocknete Schicht bildet, welche nunmehr, weil sie an sich die Wirkung der Verdunstungsfaktoren und außerdem die Leitung des Wassers an die Oberfläche hemmt, dem darunter liegenden Boden einen ergiebigen Schutz gegen stärkere Verdunstung gewährt. Die Fruchtbarkeit des Bodens wird demgemäß durch die Bearbeitung der Oberfläche nach zwei Richtungen günstig beeinflußt, einerseits durch Hebung des Luftzutrittes, andererseits durch Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit in niederschlagsarmen Perioden.

Von der Erwägung ausgehend, daß sich die bezeichneten Wirkungen zweifelsohne am sichersten auf dem bebauten Boden nachweisen lassen müßten, wurden von dem Referenten verschiedene Versuche über den Einfluß des Behackens auf die Erträge der in Reihe angebauten Pflanzen ausgeführt. Die betreffenden Parzellen hatten eine Größe von 4 qm und besaßen eine durchaus gleichmäßige Beschaffenheit[2]). Vor dem Anbau

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 328. — Bd. VII. 1884. S. 52.

[2]) Der Boden war als ein humoser Diluvialsand (mit ca. 2 % Kalk- und 4 % Humusgehalt) anzusprechen.

wurde jede Fläche mit 200 gr (500 kg pro ha) eines Gemisches gedüngt, welches aus gleichen Theilen Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter zusammengesetzt war.

Um den Einfluß des Behackens lediglich in Bezug auf die Lockerung des Bodens, also mit Ausschluß der sonstigen Wirkungen feststellen zu können, wurde der Boden zwischen den Pflanzenreihen auf den Vergleichsparzellen durch Ausziehen der Unkräuter gereinigt. Die Hackarbeit wurde zweimal im Frühjahr ausgeführt.

In folgender Tabelle sind die Ergebnisse übersichtlich zusammengestellt:

Versuch I (1893).

Pflanze	Anbaumethode	Ernte	Nicht behackt	Behackt
Sommerroggen	Gedrillt in 15 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	840,0 1720	786,5 1640
Sommerweizen	Gedrillt in 15 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	670,5 890	642,7 860
Gerste	Gedrillt in 15 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	682,2 1110	710,0 1180
Hafer	Gedrillt in 15 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	416,6 990	409,0 1070
Sommerraps	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	309,0 2440	276,4 2020
Leindotter	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	396,3 1330	448,5 1470
Erbse	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	627,7 1580	589,5 1440
Buschbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	702,5 1070	679,0 950

Versuch II (1894).

Sommerroggen	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	582,6 1300	679,3 1430
Sommerweizen	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	386,0 900	430,0 1170

Pflanze	Anbaumethode	Ernte	Nicht behackt	Behackt
Sommerraps	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	265,5 980	278,0 830
Leindotter	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	224,2 724	317,5 1040
Erbse	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	500,2 1530	600,5 1670
Ackerbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1220 2380	1542 3000
Buschbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1230 830	1280 910
Blaue Lupine	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	320,3 770	360,0 870

Der Einfluß des Behackens auf die Ernten machte sich, wie diese Zahlen darthun, in den beiden Versuchsjahren in ganz entgegengesetzter Weise geltend; während im Jahre 1893 durch die in Rede stehende Prozedur eine Verminderung der Erträge herbeigeführt worden war, hatten letztere im Jahre 1894 eine nicht unbedeutende Steigerung in Folge der oberflächlichen Bodenlockerung erfahren. Man wird nicht fehlgehen, wenn man diese Unterschiede, da alle sonstigen Verhältnisse gleich waren, auf solche in den Witterungszuständen der beiden Versuchsjahre zurückführt. In der That zeigten dieselben sehr erhebliche Abweichungen von einander. Im Jahre 1893 war die Witterung in der Entwickelungsperiode, welche hier zunächst in Betracht kommt, außerordentlich trocken; vom 19. März bis Ende April fiel kein Regen, von da ab bis zum 20. Mai und vom 1.—20. Juni waren die Niederschläge sehr spärlich, in der Zwischenzeit von mittlerer Intensität. Im Jahre 1894 herrschte dagegen eine feuchte, zum Theil von sehr starken Niederschlägen begleitete Witterung. Zieht man diese Verhältnisse in Betracht, so gewinnt man eine Vorstellung von den Ursachen der verschiedenen Wirkung des Behackens in den beiden Jahren.

Im Jahre 1893 befand sich der Boden zu der Zeit, wo die Hackarbeit vorgenommen wurde, in einem lockeren Zustande, weil wegen des vollständigen Ausbleibens oder der Spärlichkeit der Niederschläge eine

Verdichtung desselben ausgeschlossen war. Aus diesem Grunde konnte die oben geschilderte günstige Wirkung der Hackarbeit nicht in die Erscheinung treten. Das Behacken des Bodens zwischen den Pflanzenreihen hätte sich mithin als wirkungslos erweisen müssen. Da dies nicht der Fall war, die behackten Parzellen vielmehr einen Rückgang in den Erträgen zeigten, so müssen andere Wirkungen als die bisher in Betracht gezogenen sich geltend gemacht haben. Welcher Art dieselben waren, läßt sich nur schwer ermessen. Mit Wahrscheinlichkeit kann angenommen werden, daß durch die Hacke an die Oberfläche feuchtere Schichten des Bodens gebracht wurden, welche, wenn sie in ihrer Lage verblieben wären, den Pflanzen Feuchtigkeit zur Verfügung gestellt hätten. Außerdem dürfte den Pflanzen durch die nicht zu vermeidenden Wurzelverletzungen ein Schaden zugefügt worden sein, insofern letzterer in der trockenen Erdschicht nicht durch Neubildungen reparirt werden konnte.

Im Jahre 1894 war der Boden gut durchfeuchtet, so daß Beschädigungen der Wurzeln durch die Hacke leicht in vorbezeichneter Weise beseitigt werden konnten. Durch größere Niederschläge war aber, solange der Boden durch die oberirdischen Organe nicht geschützt war, eine Verdichtung in den oberen Bodenschichten eingetreten, die sich um so stärker ausbildete, als die in dem zugeführten künstlichen Dünger enthaltenen leicht löslichen phosphorsauren Salze zu einer engen Aneinanderlagerung der Bodentheilchen mit Veranlassung gaben. Unter derartigen Umständen konnte die oberflächliche mechanische Zerkleinerung die oben geschilderte günstige Wirkung in vollem Umfange ausüben.

Unter Berücksichtigung der im Bisherigen geschilderten Thatsachen gelangt man zu dem Schluß, daß das Behacken des Bodens *als Lockerungsverfahren* sich vornehmlich in dem Falle, wo die zu Tage tretenden Schichten sich unter dem Einfluß der atmosphärischen Niederschläge verdichtet haben, eine günstige Wirkung auf das Produktionsvermögen der Pflanzen ausübt, daß aber diese Prozedur von schädlichem Einfluß sich erweist, wenn der Boden sich in einem guten mechanischen (krümeligen) Zustande befindet und gleichzeitig länger anhaltende Trockenheit herrscht. Da Vorkommnisse letzterer Art seltener sind, vielmehr bei den Drillsaaten bis zu dem Zeitpunkt, wo dieselben dem Boden einen ergiebigen Schutz gegen die mechanischen Einwirkungen der Niederschläge

gewähren, meistentheils ungünstige Veränderungen in dem Lockerheitszustand der obersten Bodenschichten herbeigeführt werden, so kann als Regel gelten, daß das Behacken des Bodens im Allgemeinen dem Wachsthum der Pflanzen in mehr oder minderem Grade Vorschub leistet. Ganz besonders werden diese Wirkungen der oberflächlichen Lockerung bei denjenigen Kulturen hervortreten, bei welchen der Standraum der Pflanzen ein größerer ist, wie z. B. bei Rüben, Kartoffeln und verschiedenen Handelsgewächsen, denn bei diesen ist der Boden in höherem Grade und durch viel längere Zeiträume als bei den Körnerfrüchten dem direkten Einfluß des Regens ausgesetzt und erleidet daher vergleichsweise ungleich leichter eine für das Pflanzenwachsthum nachtheilige Verdichtung.

Im Bisherigen ist behufs Vereinfachung der Darstellung das Behacken des Bodens lediglich als ein Verfahren betrachtet worden, durch welches eine Lockerung in den oberen Partieen der Ackerkrume bewirkt wird. Indessen wird ein weiteres Moment nicht außer Acht gelassen werden dürfen, welches von nicht minderer Wichtigkeit als die mechanische Veränderung des Bodens ist, nämlich die gleichzeitige Vernichtung der zwischen den Kulturgewächsen auftretenden wildwachsenden Pflanzen. In Berücksichtigung des letzteren Umstandes ergiebt sich somit für den Experimentator die weitere Frage, in welchem Verhältniß die Wirkungen der Lockerung des Bodens zu denen der Unkrautvertilgung stehen. Um einen Anhalt hierfür zu gewinnen, wurden vom Referenten in den Jahren 1895 und 1896 auf Parzellen von 10 qm Umfang (2 : 5 m) mit verschiedenen Kulturgewächsen Versuche in derselben Anordnung ausgeführt wie in den beiden Vorjahren, nur mit dem Unterschiede, daß noch eine dritte Parzelle hinzugefügt wurde, auf welcher der Boden weder gehackt noch gejätet wurde. Diese Parzelle verunkrautete bei verschiedenen Gewächsen in ziemlich beträchtlichem Grade, so bei Mais, Raps, Leindotter, Rüben, Kartoffeln, ferner bei Buschbohne 1895 und Ackerbohne 1896. In den übrigen Versuchen war das Unkraut in geringem Umfang aufgetreten oder durch die Nutzpflanzen im Wachsthum zurückgehalten worden, wie bei Sommerroggen, Ackerbohne 1895 und Buschbohne 1896.

Die Unterschiede in den Erträgen der verschieden behandelten Parzellen[1]) lassen sich aus folgenden Tabellen ersehen:

[1]) Diese wurden wie in den beiden Vorjahren gedüngt.

Versuch III (1895).

Pflanze	Anbaumethode	Ernte	Nicht behackt nicht gejätet	Nicht behackt gejätet	Behackt
Sommerroggen	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	2790 5600	2730 5640	2880 5860
Mais[1])	Standraum 50:50 cm 40 Pflanzen	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	2760 9370	3990 16120	4130 17510
Sommerraps	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	796 4590	1070 6350	1239 6840
Buschbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	3660 3540	4110 3580	4360 4060
Ackerbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	4310 7070	4500 7230	4630 7450
Runkelrübe	Standraum 50:50 cm 40 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	20170 5520	32690 7540	35150 8890

[1]) Es betrug die Zahl der reifen Kolben:	41	47	54
» » » » » unreifen » :	6	10	13
» » das Gewicht des Kolbenstrohes (gr):	2850	4310	4480

Versuch IV (1896).

Sommerroggen	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1220 2970	1360 2700	1460 2970
Leindotter	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	480 1720	780 2460	1070 3370
Ackerbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	2640 11530	4770 10970	5100 11830
Buschbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	2850 2660	2990 2860	3090 2900
Runkelrübe	Standraum 50:50 cm 40 Pflanzen.	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	3020 2200	42990 11770	44050 12000
Mais	Standraum 40:40 cm 60 Pflanzen	Reife Kolben Unreife Kolben Körner (gr) Stroh (gr) Kolbenstroh (gr)	— 41 — 960 —	28 33 980 11290 810	28 34 1100 12660 910

Pflanze	Anbaumethode	Ernte	Nicht behackt		Behackt
			nicht gejätet	gejätet	
Kartoffel	Standraum 50:50 cm 40 Pflanzen	Knollenz.: große	15	5	8
		mittlere	106	131	150
		kleine	240	375	449
		Summa	361	511	607
		Knolleng. (gr): große	910	350	530
		mittlere	3040	4170	4340
		kleine	3020	4890	5540
		Summa	**6970**	**9410**	**10410**

Vergleicht man die behackten und die nicht behackten, aber gejäteten Parzellen mit einander, so ergiebt sich wiederum das Resultat, daß die Erträge der Pflanzen durch die oberflächliche Lockerung des Bodens in allen Fällen eine Erhöhung erfahren hatten[1]). Die betreffenden Unterschiede sind indessen ungleich geringer als jene, welche sich zwischen den Erträgen jener beiden Parzellen und denjenigen der nicht behackten und nicht gejäteten geltend gemacht haben; wenigstens gilt dies für jene Flächen, welche stark mit Unkräutern besetzt waren. In ganz auffälliger Weise tritt dies hervor bei den Wurzel- und Knollenfrüchten, ebenso bei dem Mais, bei Pflanzen, welche sich langsam entwickeln, bei weitem Stande angebaut werden und in Folge dessen in viel geringerem Maße die Fähigkeit besitzen, das Unkraut zu überwachsen, als die Mehrzahl der Körnerfrüchte[2]). Erscheinungen, wie die in diesen Versuchen hervorgetretenen, vermitteln sonach die Thatsache, daß die mittelst der Hackkultur erzielten günstigen Erfolge bei dem Vorhandensein einer größeren Zahl wildwachsender Pflanzen hauptsächlich auf die Vernichtung der letzteren und weit weniger auf die Lockerung der oberen Bodenschichten zurückzuführen sind, ferner, daß die in ersterer Beziehung hervortretenden Wirkungen um so größer sind, je stärker das Land verunkrautet ist, je langsamer die Pflanzen sich entwickeln und je lichter der Stand ist, bei welchem sie angebaut werden.

[1]) Die Witterung war in beiden Jahren sehr feucht.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 342.

V. Das Walzen des Bodens.

Das Walzen des Bodens wird vornehmlich zu dem Zweck vorgenommen, die Oberfläche zu ebnen, den Boden zusammenzupressen oder zu zerkleinern. In den beiden ersteren Fällen werden hauptsächlich Glatt-, in letzteren Ringel-, Stachel-, Sternwalzen u. s. w. verwendet. Indem mit der Ebnung der Oberfläche stets eine Verdichtung der Ackererde und umgekehrt mit letzterer bei Benützung von Glattwalzen die Herstellung einer ebenen Oberfläche verknüpft ist, so lassen sich diese beiden Momente nur schwer von einander trennen. Dazu kommt, daß die Walzen lediglich zum Zweck der Ebnung des Bodens weit seltener angewendet werden als behufs Herbeiführung einer dichteren Lagerung der Bodenkrümel.

Mit dem ***Zusammenpressen des Bodens,*** welches hier zunächst in Betracht gezogen werden soll, beabsichtigt man, dem Boden eine in Rücksicht auf die Vegetation resp. auf die Zersetzung der untergebrachten Dungmaterialien organischen Ursprungs günstige physikalische Beschaffenheit zu ertheilen. In letzterer Hinsicht kann in der That, wie an verschiedenen Stellen dieser Zeitschrift nachgewiesen wurde, die mechanische Beschaffenheit der Ackererde durch die Walzarbeit in ziemlich durchgreifender Weise beeinflußt werden.

Zunächst wäre darauf hinzuweisen, daß die mit dem Walzen nach Maßgabe des ausgeübten Druckes verknüpfte Kompression der lockeren Ackererde mit einer entsprechenden Verminderung der Durchlässigkeit derselben für Luft verknüpft ist[1]). Bezüglich der Beeinflussung der Erwärmung des Erdreiches hatten die einschlägigen Versuche das Resultat ergeben, daß das gewalzte Land während der wärmeren Jahreszeit im Durchschnitt wärmer ist als das lockere[2]). Von hervorragender Bedeutung erweist sich weiters das Walzen für die Bodenfeuchtigkeit. Die Vernichtung resp. Verkleinerung eines mehr oder weniger großen Theils der sogen. nichtkapillaren Hohlräume hat zur Folge, daß in dem gewalzten Ackerlande die kapillare Leitung des Wassers gegen die Oberfläche gefördert wird[3]). Dies wird dem bloßen Auge dadurch erkennbar, daß der verdichtete Boden sich oberflächlich länger feucht erhält als der lockere. Die vergleichsweise bessere Leitung des Wassers in

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 229. — Bd. XVI. 1893. S. 214.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 133.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 272.

jenem ist aber auch die Ursache der Erscheinung, daß er mehr Wasser verdunstet als letzterer[1]). Aus diesem Grunde trocknet das gewalzte Land mehr aus als das nicht gewalzte, wenn nach der in Rede stehenden Operation keine atmosphärischen Niederschläge stattfinden.

Aus der Thatsache, daß die Verdunstung aus dem Boden durch das Walzen erhöht wird, hat man vielfach die Schlußfolgerung abgeleitet, daß dieses Verfahren unter allen Umständen den Feuchtigkeitsgehalt des Bodens herabsetze. Damit begeht man aber einen Irrthum, da sich leicht der Nachweis führen läßt, daß der gewalzte Boden feuchter ist als der nicht gewalzte, wenn nach dem Walzen ein ergiebiger Regen eintritt und in der Folgezeit die Niederschläge nicht spärlich sind. Um dies zu verstehen, hat man die Thatsache zu berücksichtigen, daß durch das Zusammenpressen der krümeligen Ackererde die Wasserkapazität derselben erhöht wird[2]) und daß dadurch ihre Durchlässigkeit für Wasser eine Einschränkung erleidet[3]). Der hierdurch hervorgerufene Unterschied in dem Feuchtigkeitsgehalt zwischen dem gewalzten und nicht gewalzten Boden bleibt, extreme Witterungsverhältnisse ausgenommen, in der Regel, wenngleich in minderem Grade, auch dann bestehen, wenn nach dem Regen Trockenheit eintritt, weil die vergleichsweise stärkere Verdunstung des ersteren in den meisten Fällen nicht ausreicht, eine Ausgleichung in dem Wassergehalt herbeizuführen. Aus diesem Grunde ist das gewalzte Land in Folge seiner höheren Wasserkapazität im Allgemeinen durchschnittlich feuchter als das nicht gewalzte.

Von sonstigen Einwirkungen des Walzens auf die Fruchtbarkeitsverhältnisse der Ackererde kämen schließlich jene in Betracht, welche sich in dem Transport löslicher Nährsalze äußern[4]). Indem die Verdunstung in dem zusammengepreßten Erdreich wegen besserer kapillarer Leitung des Wassers in größerem Umfange von Statten geht als in dem lockeren, werden in jenem während regenloser Perioden die löslichen Nährsalze in größeren Mengen nach oben geleitet als in diesem. Rechnet man hinzu, daß der gewalzte Boden eine geringere Durchlässigkeit für Wasser besitzt als der nicht gewalzte, so gelangt man nach alledem zu

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 70.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 199.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. V. 1882. S. 17.
[4]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 12.

dem Schluß, daß im ersteren Fall einer etwaigen Auswaschung werthvoller Bestandtheile in höherem Grade vorgebeugt sei als im letzteren.

In welcher Weise die durch das Walzen hervorgerufenen, im Vorstehenden in Kürze geschilderten Abänderungen in der physikalischen und chemischen Beschaffenheit der Ackererde das Wachsthum der Pflanzen zu beeinflussen vermögen, läßt sich nicht für alle Fälle im Voraus ermessen, weil sowohl die Eigenschaften des Bodens als auch die klimatischen und Witterungsverhältnisse in ihren mannigfachen Wechselbeziehungen hierbei in Betracht zu ziehen sind. Es wäre daher sehr erwünscht, wenn vorwürfige Frage an verschiedenen Oertlichkeiten einer experimentellen Prüfung unterzogen würde.

Um seinerseits einige Beiträge in dieser Richtung zu liefern, wurden von dem Referenten in den Jahren 1883 und 1890—1892 mit verschiedenen Kulturpflanzen Versuche ausgeführt, in welchen der Boden zunächst mit Grabgabeln gelockert, mit dem Rechen geebnet, alsdann mit künstlichem Dünger[1]) gedüngt, besäet und schließlich auf der einen Hälfte der Fläche abgerecht, auf der anderen aber durch ein Brett von oben zusammengepreßt wurde. Der humose, feinkörnige Diluvialsandboden hatte bei der Bearbeitung mit den Grabgabeln eine krümelige Struktur erhalten. Die aufsprießenden Unkrautpflanzen wurden in der Folge durch sorgfältiges Jäten mit möglichster Erhaltung der durch die Lockerung resp. durch das Zusammenpressen dem Erdreich ertheilten Beschaffenheit beseitigt.

In einigen Vorversuchen (1883), welche auf 1 qm großen Parzellen angestellt wurden, erhielten die Pflanzen einen Stand im Quadratverbande. Hierdurch war die Möglichkeit gegeben, die aufgehenden Pflänzchen genau zu zählen. Der Aufgang der Pflanzen stellte sich dabei, wie folgt, heraus:

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Mai															
		6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.
Sommerraps	gewalzt	23	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	locker	3	11	23	30	37	39	—	42	—	49	—	—	—	—	—	—
Ackerbohne	gewalzt	—	—	—	12	38	41	49	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	locker	—	—	—	4	19	33	43	48	—	—	49	—	—	—	—	—

[1]) Gemisch aus gleichen Theilen Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter

Pflanze	Beschaffenheit des Bodens	Mai															
		11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21	22.	23.	24.	25.	26.
Runkelrübe	gewalzt	9	—	—	—	—	-	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	locker	1	6	8	9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Kartoffel	gewalzt	—	—	—	—	—	—	—	—	4	5	—	—	6	8	—	9
	locker	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	3	6	—	9

Aus diesen Zahlen ist ersichtlich, daß die Keimpflanzen auf dem gewalzten Lande eher und gleichmäßiger an der Oberfläche erscheinen als auf dem lockeren.

Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daß durch das Walzen des Bodens die zum Keimen erforderliche Feuchtigkeit aus tieferen Schichten den Samen zugeführt wird, daß letztere in eine innige Berührung mit dem feuchten Boden gebracht werden, und das verdichtete Land mit einem stärkeren Erwärmungsvermögen ausgestattet ist, während bei lockerer Beschaffenheit des Erdreiches die Schichten, in welchen sich die ausgesäten Körner befinden, leicht eine für den Keimprozeß nachtheilige Austrocknung erfahren, die Samen lose, d. h. nur zum Theil mit dem Boden in Verbindung treten und die Temperatur in ihrer Umgebung weniger günstig für die erste Entwickelung der Pflänzchen ist.

Bei der Ernte wurden in diesen Versuchen folgende Ergebnisse erzielt:

Versuch I (1888).

Pflanze	Ernte	Zahl der Pflanzen	Locker	Gewalzt
Sommerraps	Körner (gr)	49	29,5	21,4
	Stroh u. Spreu (gr)	49	104,2	88,4
Ackerbohne	Körner (gr)	49	381	327
	Stroh u. Spreu (gr)	49	650	590
Runkelrübe	Wurzeln (gr)	9	3620	3450
	Blätter (gr)	9	1100	1100
Kartoffel	Knollenzahl	9	187	159
	Knollengewicht (gr)	9	3040	2660

In Folge der Verlegung des Versuchsfeldes und verschiedener anderweitiger, nicht aufschiebbarer Arbeiten mußte die Weiterführung vorliegender Versuche einstweilen aufgegeben werden. Erst im Jahre 1890 bot sich die Gelegenheit, dieselben fortzusetzen. Ueber die Ergebnisse[1]) dieser nach dem früheren Verfahren angestellten Beobachtungen geben nachfolgende Tabellen nähere Auskunft:

Versuch II (1890).

Pflanze	Anbaumethode	Ernte	Nicht gewalzt	Gewalzt
Sommerroggen gedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**889,7** 2300	**849,4** 2250
Sommerroggen ungedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**780,0** 2190	**742,0** 2030
Mais	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Zahl der Kolben Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr) Kolbenstroh (gr)	20 **595,7** 2150 512,3	21 **637,9** 2175 427,5
Sommerraps	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**448** 7180	**487** 6160
Leindotter	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**945,8** 2290	**875,5** 2190
Erbse	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**759** 2560	**715** 2410
Runkelrübe gedüngt	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	**9820** 6210	**9520** 5970
Runkelrübe ungedüngt	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	**6800** 4770	**6720** 4160

Kartoffel.
Standraum 50 : 50 cm. Je 16 Pflanzen.

Bearbeitung	Düngung	Ernte nach Zahl					Ernte nach Gewicht (gr)				
		große	mittlere	kleine	kranke	Summa	große	mittlere	kleine	kranke	Summa
Nicht gew. Gewalzt	gedüngt	53 26	46 49	52 78	11 4	**162** **157**	8170 3780	2620 2860	870 1170	280 140	**11940** **7950**
Nicht gew. Gewalzt	ungedüngt	28 31	51 51	46 35	5 1	**130** **118**	4290 4660	2860 2530	780 610	210 40	**8140** **7840**

[1]) Die Parzellen hatten eine Größe von 4 qm.

Versuch III (1891).

Pflanze	Anbaumethode	Ernte	Nicht gewalzt	Gewalzt
Sommerroggen gedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1275 2640	1263 2680
Sommerroggen ungedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1145 2300	1030 2070
Mais	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Zahl der Kolben Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr) Kolbenstroh (gr)	32 1290 3800 610	30 1210 3150 490
Sommerraps gedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	409 3880	474 3470
Sommerraps ungedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	165 3520	201 3310
Leindotter	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	490 1530	422 1580
Lein	breitwürfig gesäet	Körner (gr) Rohflachs (gr)	342 2260	320 1980
Erbse	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	591 1860	624 1910
Ackerbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1250 3150	1190 3040
Runkelrübe gedüngt	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	15940 7650	14750 6240
Runkelrübe ungedüngt	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	14500 6800	12500 5200

Kartoffel.
Standraum der Pflanzen 50 : 50 cm. Zahl der Pflanzen 16.

Bearbeitung des Bodens	Düngung	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (gr)			
		große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Nicht gewalzt	gedüngt	18	70	419	507	1300	2780	5300	9380
Gewalzt	gedüngt	26	70	377	473	2120	2540	4160	8820
Nicht gewalzt	ungedüngt	20	62	283	365	1840	2720	3730	8290
Gewalzt	ungedüngt	22	80	256	358	1650	2970	3330	7950

Versuch IV (1892).

Pflanze	Anbaumethode	Ernte	Nicht gewalzt	Gewalzt
Sommerroggen gedüngt	Gedrillt in 15 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**941,5** 1880	**939** 1780
Sommerroggen ungedüngt	Gedrillt in 15 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**839,2** 1690	**821,5** 1590
Mais	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Zahl der Kolben Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr) Kolbenstroh (gr)	39 **1510** 5440 1220	35 **1440** 5020 1010
Erbse	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**661** 1710	**692** 1800
Ackerbohne	Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**1450** 2470	**1340** 2240
Leindotter gedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**550** 1920	**508** 1700
Leindotter ungedüngt	Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**493** 1780	**437** 1650
Lein	Breitwürfig gesäet	Körner (gr) Rohflachs (gr)	117 **1560**	116 **1500**
Runkelrübe gedüngt	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	**14440** 8400	**12790** 6070
Runkelrübe ungedüngt	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	**9510** 4900	**7720** 4450
Mohrrübe	Standraum 40 : 40 cm Je 25 Pflanzen	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	**9600** 4150	**8220** 3800

Kartoffel.

Standraum der Pflanzen 50 : 50 cm. Zahl der Pflanzen 16.

Bearbeitung des Bodens	Düngung	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (gr)			
		große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Nicht gewalzt Gewalzt	gedüngt	45 21	53 58	55 119	153 198	3300 1870	2140 2370	780 1580	**6220** **5820**
Nicht gewalzt Gewalzt	ungedüngt	21 11	45 46	123 130	189 187	1700 880	1550 1790	1780 2140	**5030** **4810**

Mit wenigen Ausnahmen zeigen diese Daten, daß das Walzen des Ackerlandes unter den vorliegenden Verhältnissen auf das Produktionsvermögen der Pflanzen einen nachtheiligen Einfluß ausgeübt hatte.

Diese Thatsache läßt sich auf den Umstand zurückführen, daß, wie sich schon mit bloßem Auge erkennen ließ, der oberflächlich geebnete und zusammengepreßte Boden in Folge der lockeren Lagerung der Bodentheilchen in den Krümeln, vielleicht auch unter Mitwirkung der durch die Düngung zugeführten Salze bei dem Eintritt größerer Niederschläge in der zu Tage tretenden Schicht verschlämmte und eine für Luft schwer durchdringbare dichte Masse bildete. Diese Erscheinung machte sich in allen vier Versuchsjahren geltend und war zweifelsohne die Ursache des Rückganges in den Ernten der betreffenden Parzellen.

Dieses Ergebniß, welches natürlich nicht ohne Weiteres zur Beurtheilung der Zweckmäßigkeit des Walzens im Allgemeinen herangezogen werden darf, sondern zunächst nur für die vorliegenden Verhältnisse Giltigkeit hat, mußte im Zusammenhalt mit der Beobachtung, daß das Zusammenpressen der Ackererde in den frühesten Entwickelungsstadien der Pflanzen sich von günstiger Wirkung gezeigt hatte (siehe oben), nothwendigerweise zu der Frage führen, ob nicht die geschilderten Schädigungen in irgend welcher Weise beseitigt und die sonstigen mit dem Walzen des Bodens verknüpften Vortheile, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen, bewahrt werden könnten. Erwägungen solcher Art führten den Referenten zur Anstellung folgender Versuche, in welchen in analoger Weise wie in den Vorjahren verfahren und eine dritte Parzelle hinzugefügt wurde, auf welcher der Boden gleich nach der Saat zusammengepreßt und später bei eintretender Verdichtung oberflächlich mit der Hacke gelockert wurde. Die Parzellen besaßen im Jahre 1895 einen Flächenraum von 4 qm, im Jahre 1896 einen solchen von 10 qm. Bezüglich der Ergebnisse sind die nachfolgenden Tabellen einzusehen:

Versuch V (1895).

Pflanze	Anbaumethode	Saatzeit	Erntezeit	Ernte pro 4 qm	Nicht gewalzt	Gewalzt	Gewalzt u. behackt
Sommerroggen	Gedrillt auf 20 cm Saatmenge 40 gr	1./V.	7./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**950** 2120	**1070** 2200	**1060** 2380
Mais	Standraum der Pflanzen 40 : 40 cm 25 Pflanzen	4./V.	3./X.	Kolbenzahl: reife unreife	20 9	20 4	20 5
				Summa	29	24	25
				Körner (gr) Stroh (grün) Kolbenstroh (gr)	**1040** 4400 1290	**880** 4140 1240	**1010** 3450 1150
Sommerraps	Gedrillt auf 25 cm Saatmenge 6 gr	1./V.	19./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**340,3** 2070	**326,4** 1860	**406,6** 2440
Leindotter	Gedrillt auf 20 cm Saatmenge 5 gr	1./V.	1./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**600** 1730	**710** 1780	**660** 1730
Lein	breitwürfig Saatmenge 150 gr	4./V.	30./VII.	Körner (gr) Rohflachs (gr)	**361,0** 2340	**376,8** 2305	— —
Ackerbohne	Gedrillt auf 25 cm à Reihe 30 Körner	4./V.	28./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**1340** 2860	**1160** 2360	**1230** 2840
Buschbohne	Gedrillt auf 25 cm à Reihe 30 Körner	4./V.	28./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**1530** 1320	**1500** 1380	**1540** 1310
Erbse	Gedrillt auf 20 cm à Reihe 30 Körner	1./V.	13./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**840** 1510	**1060** 1760	**1000** 1700
Runkelrübe	Standr. 40 : 40 cm 25 Pflanzen	4./V.	25./IX.	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	**12270** 5890	**10050** 5010	**11330** 5400
Kartoffel	Standraum der Pflanzen 40 : 40 cm 25 Pflanzen	4./V.	30./IX.	Knollenz.: große mittlere kleine	39 107 140	45 68 131	40 88 142
				Summa	286	244	270
				Knolleng.: große (gr) mittlere kleine	3040 4000 1420	2990 2810 1460	2740 3400 1460
				Summa	**8460**	**7260**	**7600**

Versuch VI (1896).

Pflanze	Anbaumethode	Saat-zeit	Ernte-zeit	Ernte pro 10 qm	Nicht gewalzt	Gewalzt	Gewalzt u. behackt
Sommer-roggen	Gedrillt auf 20 cm Saatmenge 100 gr	28./IV.	18./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1650 3520	1370 3030	1520 3580
Mais	Standraum der Pflanzen 40 : 40 cm 60 Pflanzen	6./V.	7./X.	Kolbenzahl: reife unreife	37 23	47 23	31 22
				Summa	60	70	53
				Körner (gr) Stroh (gr) Kolbenstroh (gr)	1250 11930 1050	1480 16280 1110	1240 9490 1000
Sommerraps	Gedrillt auf 25 cm Saatmenge 15 gr	28./IV.	4./IX.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	500 3620	151 1950	301 2550
Ackerbohne	Gedrillt auf 25 cm à Reihe 25 Körner	6./V.	2./X.	unreif (ganze Pflanze)	68720	64320	69420
Buschbohne	Gedrillt auf 25 cm à Reihe 25 Körner	6./V.	19./IX.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	3630 4600	3690 3330	3960 4190
Erbse	Gedrillt auf 20 cm à Reihe 25 Körner	5./V.	24./VIII.	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	1340 4800	820 4570	1150 4350
Zuckerrübe	Standr. 40 : 40 cm 60 Pflanzen	6./V.	2./X.	Wurzeln (gr) Blätter (gr)	25520 12050	23400 11600	24150 12600
Kartoffel	Standraum der Pflanzen 50 : 50 cm 40 Pflanzen	6./V.	18./IX.	Knollenz.: große mittlere kleine kranke	40 225 240 75	33 282 173 44	44 248 236 37
				Summa	580	532	565
				Knolleng.: große (gr) mittlere kleine kranke	2550 7190 2600 2450	2080 7660 1640 1560	2570 7560 2610 1090
				Summa	14790	12940	13830

Trotz mannigfacher Abweichungen läßt sich aus diesen Zahlen folgern, daß die mit dem Walzen des Ackerlandes unter vorliegenden Verhältnissen verknüpfte, für die Vegetation schädliche Verdichtung der obersten Bodenschicht mittelst des Behackens

derselben in vortheilhafter Weise beseitigt werden kann, aus Gründen, welche im IV. Abschnitt näher dargelegt worden sind.

Zur Beantwortung der Frage, wo das Walzen angezeigt und wo es zweckmäßig zu unterlassen sei, geben die vorliegenden und früheren Mittheilungen, wenngleich dieselben auf den ersten Blick nur eine lokale Bedeutung zu besitzen scheinen, mehrere allgemein verwerthbare Anhaltspunkte. Normale Bearbeitung, d. h. Ueberführung des Bodens in einen krümeligen Zustand vorausgesetzt, hat die mittelst der Walze ausgeübte theilweise Verdichtung des Erdreiches die Bedeutung, daß dadurch die Keimung der ausgesäten Samen und Früchte beschleunigt wird. Man wird daher zu dem Walzen schreiten, wenn die oberflächlichen Bodenschichten bei trockener Witterung mit den zur gleichmäßigen Keimung der Saatkörner erforderlichen Wassermengen in ungenügendem Grade ausgestattet sind oder der Boden, wie z. B. der sandige und der stark gelockerte humusreiche, in den zu Tage liegenden Schichten leicht austrocknet. Eine Gefahr für die späteren Entwickelungsperioden erwächst dem gewalzten Lande bei Eintritt von Trockenheit allerdings dadurch, daß in Folge der guten kapillaren Leitung des Wassers und durch die dadurch bedingte stärkere Verdunstung ein größerer oder geringerer Theil seiner Feuchtigkeit verloren geht. Dies läßt sich aber dadurch verhindern, daß man gegebenen Falls die Oberfläche des Landes mittelst der Hacke lockert, wodurch, wie anderwärts nachgewiesen wurde, die Verdunstung wesentlich beschränkt wird.

Bei feuchter Witterung und in einem feuchten Klima enthält das gewalzte Ackerland mehr Feuchtigkeit als das lockere. Die in Rede stehende Operation wird sich daher unter diesen Umständen nützlich zeigen auf allen Böden, welche eine geringe Wasserkapazität (sandige) oder ein starkes Verdunstungsvermögen besitzen (entwässerte und gelockerte Torf- und Moorböden), dagegen wird auf Böden, die mit einer hohen Wasserkapazität ausgestattet sind (thonreiche und humusreiche feinkörnige), von der Anwendung der Walze zweckmäßig Abstand zu nehmen sein, weil dadurch leicht eine Ansammlung übermäßiger und der Vegetation schädlicher Wassermengen herbeigeführt wird. Im Uebrigen und für Böden von mittlerer Bindigkeit ist die Größe der Niederschläge, also das Klima resp. die Witterung bezüglich der hier in Rede stehenden Verhältnisse maßgebend. Für die dann jeweils zu ergreifenden Maßnahmen

sind die im Vorstehenden entwickelten Grundsätze in Anwendung zu bringen.

Weiters wäre, wie oben gezeigt, für Böden, die im gewalzten Zustande wegen lockerer Beschaffenheit der Krümel sich unter dem Einfluß von Schlagregen in den oberen Schichten leicht in nachtheiliger Weise verdichten, zu beachten, daß in solchen Fällen durch Hackarbeit eine Beseitigung des Schadens bewirkt werden kann.

Die Förderung der Erwärmungsfähigkeit der Ackererde durch das Walzen kommt besonders für kultivirte Moorböden in Betracht, die im lockeren Zustande in den zu Tage liegenden Partieen ungemein leicht austrocknen und unter solchen Umständen sich in einer für die Pflanzen gefährlichen Weise an der Oberfläche abkühlen (Frostschaden). Indem durch das Festdrücken der Bodenmasse das kapillare Aufsteigen des Wassers in derselben eine Steigerung erfährt, werden die obersten Schichten mit ausreichenden Feuchtigkeitsmengen versehen, wodurch, abgesehen von der günstigen Beeinflussung des Keimprozesses, das Auftreten von Frost verhindert oder doch wesentlich eingeschränkt wird[1]). Den Böden bezeichneter Art, welche sich nur langsam bis in größere Tiefen erwärmen, kommt das Walzen gleichzeitig dadurch zu Statten, daß dasselbe die Wärmeleitungsfähigkeit der Bodenmasse wesentlich erhöht.

Neben der Rücksicht auf den Wassergehalt und die Temperaturverhältnisse des Bodens kommen bezüglich der Frage der Anwendbarkeit des Walzens noch mehrere andere Momente in Betracht. Hierher ist z. B. die Wirkung des Festdrückens des Erdreiches zu rechnen in solchen Fällen, wo dasselbe durch die mechanische Bearbeitung oder durch den Winterfrost einen solchen Grad von Lockerheit erlangt hat, daß der feste Halt der Pflanzen im Boden verhindert und ein Umlegen derselben veranlaßt wird. Das Walzen des Bodens ist ferner dort in das Auge zu fassen, wo das Erdreich eine derartige Beschaffenheit besitzt, daß es der Verwehung ausgesetzt ist (gelockerte Moor- und Sandböden mit rauher Oberfläche). Unter solchen Verhältnissen wird der Boden schon lediglich durch die Glättung der Oberfläche dem Einfluß des Windes entzogen, in noch

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 286. — *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen mit Rücksicht auf die Bodenkultur. Heidelberg. 1897. S. 270 und 380.

höherem Grade, wenn gleichzeitig ein mehr oder weniger starker Druck auf den Boden ausgeübt wird, weil dadurch die oberflächlichen Schichten mit Wasser versehen werden und demzufolge eine größere Kohäreszenz erhalten.

Auf Ackerländereien, welche mit Stalldünger oder Gründüngungspflanzen gedüngt worden sind und welche gleichzeitig eine sehr lockere Beschaffenheit besitzen, hat das Walzen derselben die Wirkung, daß die Verwesung jener Materialien gleichmäßiger von Statten geht und auch der Auswaschung oder Verflüchtigung von Pflanzennährstoffen vorgebeugt wird. Erklärlich wird dies, wenn man berücksichtigt, daß durch fragliche Prozedur die vom Boden eingeschlossene Luftmenge vermindert und die demselben einverleibten Substanzen mit dem Erdreich in eine innigere Berührung kommen. Dadurch gestaltet sich der Zersetzungsprozeß der organischen Stoffe nicht allein gleichmäßiger, sondern er verläuft auch langsamer als im lockeren Erdreich. Hieran wird dadurch nichts Wesentliches geändert, daß der gewalzte Boden wärmer ist als der nicht gewalzte, und zwar, weil der Einfluß der verminderten Luftkapazität stärker ist als derjenige der höheren Temperatur. In Folge der innigeren Berührung der verwesenden Substanzen mit dem Boden werden die entstehenden löslichen und flüchtigen Pflanzennährstoffe in dem gewalzten Lande vom Erdreich besser aufgenommen und eine Auswaschung der gebildeten Nitrate in demselben in höherem Grade hintangehalten als in dem lockeren Boden, in welchem die Gefahr sowohl einer Verflüchtigung eines Theils des bei der Verwesung entbundenen Ammoniaks, als auch einer Entführung der salpetersauren Salze in die Tiefe (wegen größerer Durchlässigkeit des Erdreiches für Wasser) vorliegt.

In allen Fällen, wo nur das Zusammenpressen der Ackerkrume Hauptzweck des Walzens ist, empfiehlt sich, wie bei der Ebnung der Oberfläche, die Benützung glatter Walzen, deren Gewicht nach Maßgabe der Beschaffenheit des Erdreiches und der Tiefe der Wirkung zu bemessen ist.

Eine ausgedehnte Anwendung findet die Walze bei der ***Zerkleinerung des Erdreiches,*** besonders der in den obersten Schichten auf gebundenen Bodenarten auftretenden trockenen Erdballen. Im Allgemeinen kann man sagen, daß die Verwendung der Walze zu diesem Zweck nur als ein Nothbehelf zu betrachten ist, insofern, als bei rationeller Benützung des Pfluges resp. des Grubbers und der Egge die

Bildung von Klumpen vermieden werden kann, selbst auf den bündigsten Bodenarten, und durch die Zerkleinerung der Erdballen zwar eine Umwandlung derselben in kleinere Stücke bewirkt, niemals aber eine krümelige Masse, wie solche die Pflanzen zu einem kräftigen Wachsthum bedürfen, hergestellt wird. Indessen bleibt hierbei zu berücksichtigen, daß die Herbeiführung einer normalen Struktur der Ackerkrume (Abschnitt II) ohne Benützung der Walze ein höheres Maß von Intelligenz erfordert, welches verhältnißmäßig nur wenige Praktiker besitzen, und daß selbst dort, wo man sich bemüht, in fraglicher Richtung allen Anforderungen zu genügen, Fälle vorkommen können, in welchen man wegen verschiedener wirthschaftlicher Verhältnisse gehindert ist, die bezüglichen Maßnahmen zur richtigen Zeit und in der nothwendigen Ausdehnung zu ergreifen. Unter derartigen Umständen bleibt nichts Anderes übrig, als zum Walzen seine Zuflucht zu nehmen, um durch Zertrümmerung der entstandenen Erdballen, soweit dies überhaupt in solchen Fällen möglich ist, den ungünstigen mechanischen Zustand des Ackerlandes einigermaßen zu repariren. Je nach der Bündigkeit des Bodens verwendet man hierbei Ringel-, Stachel-, Stern-, Cambridge-Walzen oder Schollenbrecher.

Von besonderen Fällen, in welchen die Walze zur Zerkleinerung des Erdreiches benutzt wird, sei hier der Vollständigkeit wegen jenes Erwähnung geschehen, in welchem es sich um die Zerstörung einer auf der Oberfläche des Landes gebildeten Kruste handelt, sobald die jungen Keimpflanzen die letztere nicht zu durchbrechen vermögen. Unter solchen Verhältnissen erscheint die Verwendung der Egge nicht räthlich, weil durch dieselbe viele Pflänzchen beschädigt und herausgerissen werden, während die Walze, wenn sie nicht zu schwer ist, hierbei vortreffliche Dienste leistet. In diesem Fall wählt man Instrumente mit glatter Oberfläche.

Das Ringeln des Ackerlandes kann außer zur Zerkleinerung auch zu dem Zweck ausgeführt werden, den jungen Pflanzen einen Schutz gegen Frost und Wind zu verschaffen. Die kleinen hierbei entstehenden Erhebungen auf der Oberfläche des Ackerlandes üben die gleiche Wirkung aus, wie dort befindliche kleine Erdklümpchen, indem sie zu einer Verminderung greller Temperaturschwankungen beitragen und den Einfluß des Windes abschwächen. Man giebt den kleinen Ringeldämmen am besten die Richtung von Norden nach Süden, weil bei dieser die Er-

wärmung des Erdreiches eine gleichmäßigere ist als bei jener von Osten nach Westen, und die Dämme in Rücksicht auf die bei uns herrschende Windrichtung auch den Pflanzen einen genügenden Schutz gegen den Wind gewähren.

VI. Die Formgestaltung des Ackerlandes bei der mechanischen Bearbeitung.

Abgesehen von der Kammkultur, welche sehr selten in Anwendung gebracht wird, und die wegen ihrer Aehnlichkeit mit der Behäufelungskultur zweckmäßig im Zusammenhalt mit letzterer an einem anderen Orte besprochen werden soll, sind bei der Bearbeitung des Bodens hinsichtlich der Formgestaltung der Oberfläche zwei Verfahren in Gebrauch, nämlich die Beetarbeit, bei welcher in verschiedenem Grade gewölbte, mehr oder weniger breite, durch Furchen von einander getrennte Streifen, Beete genannt, gebildet werden, und die Ebenarbeit, bei welcher, wie schon der Name anzeigt, eine vollständig ebene Oberfläche des Feldes hergestellt wird. Je nachdem das eine oder das andere Verfahren unter den verschiedenen lokalen Verhältnissen allgemein in Gebrauch ist, wird seitens der Praktiker über die Zweckmäßigkeit der beiden Beackerungssysteme entsprechend entschieden, weshalb es nicht Wunder nehmen kann, daß diese Frage zu den lebhaftesten Debatten in den landwirthschaftlichen Versammlungen Veranlassung gegeben und eine allerseits befriedigende Lösung noch keineswegs gefunden hat.

Ein zutreffendes Urtheil wird in dieser Richtung offenbar zunächst nur dadurch gewonnen werden können, daß man die durch die bezeichneten Verfahren bedingten Fruchtbarkeitsverhältnisse des Ackerlandes einer Prüfung unterzieht und gegenseitig abwägt. Bei einem derartigen Vorgehen gelangt man von vornherein zu einem für die Beetarbeit ungünstigen Resultat, wenn man den Umstand in Betracht zieht, daß behufs Herstellung der gewölbten Oberfläche der Feldstreifen eine Anhäufung fruchtbarer Ackererde in der Mitte derselben stattfindet und die Tiefe der Bodenlockerung nach den Beetfurchen zu eine stetige Abnahme erfährt. Die hierdurch bewirkte verschiedene Vertheilung der fruchtbaren und gelockerten Ackerkrume spricht sich deutlich in dem Wachsthum der Pflanzen aus, indem dieses sich um so vollkommener gestaltet, je näher die betreffenden Bodenpartieen dem First der Beete gelegen sind. Demgegenüber bietet die Ebenarbeit den augenfälligen Vortheil, daß in

Folge der durchaus gleichmäßigen Bearbeitung des Ackerlandes die Mächtigkeit der gelockerten Schicht auf allen Theilen des Feldes die gleiche ist und demgemäß Wachsthumsunterschiede der Pflanzen in solchem Grade, wie bei der Beetkultur, von vornherein ausgeschlossen sind.

Ungleichheiten im Wachsthum der Pflanzen, wie die bezeichneten, werden bei der Anlage von Beeten weiters dadurch hervorgerufen, daß diese eine verschiedene Erwärmung und Durchfeuchtung der verschiedenen Theile des Feldes nothwendigerweise im Gefolge haben.

Ersteren Punkt anlangend, hat man zu berücksichtigen, daß durch die Beete Ackerflächen geschaffen werden, welche eine verschiedene Lage (Exposition) gegen die Himmelsrichtung besitzen und sich dementsprechend in verschiedener Weise erwärmen. Bei einer Richtung der gewölbten Feldstreifen von Norden nach Süden haben die beiden Seitenflächen eine Lage nach Osten und Westen; bei einer solchen von Osten nach Westen sind sie nach Süden und Norden exponirt. Selbst bei geringer Ausdehnung und Erhebung solcher Abdachungen wird aber, wie anderen Ortes vom Referenten nachgewiesen wurde, die Bodentemperatur, von welcher in nicht minderem Grade wie von der Lufttemperatur die Entwickelung der Pflanzen beherrscht wird, nicht unwesentlich abgeändert. Mit Einbeziehung des ebenen Landes zeigten die diesbezüglichen Versuche des Referenten[1]), daß bei einer Bearbeitung des Ackerlandes in Beeten von Norden nach Süden oder Osten nach Westen, sowie in ebener Fläche die Südseite der von Ost nach West verlaufenden Beete am wärmsten ist, daß darauf die ebene Fläche folgt und an dritter die Ost- wie die Westabdachung der von Norden nach Süden gerichteten Beete, während die Nordseite der Beete von Osten nach Westen die niedrigste Temperatur aufweist. In Rücksicht auf die hierdurch sich ergebenden Ungleichmäßigkeiten in der Bodenerwärmung der Seitenflächen der Beete, sowie in Ansehung des Umstandes, daß das eben bearbeitete im Vergleich zu einem in Beete niedergelegten Ackerland eine durchschnittlich höhere Temperatur zeigt, bietet die Ebenkultur unstreitig größere Vortheile als die Beetkultur.

Letzteres ist aber auch der Fall bezüglich der Durchfeuchtung des Erdreiches, welche bei den Beeten nicht allein je nach der Exposition der betreffenden Flächen, sondern auch auf jeder derselben sich ungleichmäßig gestaltet, wohingegen das ebene Land in allen Theilen mit an-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 263.

nähernd denselben Feuchtigkeitsmengen versehen ist. Diesbezügliche Versuche des Referenten[1]) führten zu dem Ergebniß, daß die nördlich exponirten Flächen die feuchtesten waren, dann folgte die West-, dann die Ostabdachung, während die Süd-Exposition den geringsten Wassergehalt besaß. Das eben bearbeitete Land enthielt einen geringeren Wassergehalt als die Nordseiten der Beete, war aber meist feuchter als die übrigen Expositionen. Ferner wurde durch diese Untersuchungen der Nachweis geliefert, daß das Bodenwasser auf den Beetflächen ungleichmäßig vertheilt ist, indem seine Menge von dem Rücken nach den Beetfurchen zunimmt, während seine Vertheilung in dem ebenen Felde weit geringeren Schwankungen unterworfen ist.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich zur Genüge, daß bei der Beetarbeit Ungleichheiten nach drei Richtungen, nämlich in Bezug auf die Vertheilung der fruchtbaren und gelockerten Ackerschicht, der Wärme und der Feuchtigkeit im Erdreich und dadurch Wachsthumsbedingungen künstlich herbeigeführt werden, die offenbar nicht im Interesse einer rationellen Bodenkultur gelegen sein können. Dazu kommt, daß die Entwickelung der Pflanzen auf den verschieden exponirten Beetflächen einem Wechsel nothwendigerweise unterliegen muß, je nach den Witterungszuständen. Erklärlich wird dies, wenn man berücksichtigt, daß die beiden für das Leben der Gewächse so wichtigen Faktoren, wie die Wärme und das Wasser durch die Anlage von Beeten in die mannigfachsten Wechselbeziehungen gebracht werden. Um dies nachzuweisen und gleichzeitig festzustellen, wie sich die Fruchtbarkeitsverhältnisse des Ackerlandes bei ebener Oberfläche sich zu jenen bei verschiedener Richtung der Beete unter sonst gleichen Verhältnissen gestalten, wurden vom Referenten in den Jahren 1883 und 1884 mit verschiedenen Kulturpflanzen Versuche in folgender Weise ausgeführt:

Aus der Ackererde des Versuchsfeldes (humoser Diluvialsand) wurden zwei dachförmige Beete von 2 m Länge und 2 m Breite, sowie bei einer Neigung der Seitenflächen von 17°, das eine in der Richtung von Osten nach Westen, das andere von Norden nach Süden dadurch hergestellt, daß die Erde zunächst bis zu dem aus Geröll bestehenden Untergrunde ausgehoben, durch Einsenken von Brettern die Form der Beete fixirt und alsdann der vorher

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 377. — Bd. IX. 1886. S. 3. — Bd. X. 1887. S. 3.

gemischte Boden in entsprechender Weise eingefüllt wurde. Am First der Beete besaß die Ackererde eine Mächtigkeit von 40 cm, an den Beetfurchen eine solche von 10 cm. In derselben Weise wurden zwei vollständig ebene 4 qm große Parzellen aus demselben Material hergerichtet. Bei dem Einfüllen wurde die gleiche Erdmenge wie bei den Beetparzellen verwendet, so daß die Bodenschicht in diesen Abtheilungen eine Mächtigkeit von 25 cm erhielt.

Der Anbau der Pflanzen erfolgte in Reihen (10 Reihen pro Parzelle im Jahre 1883, 8 Reihen im Jahre 1884), welche bei der Reife jede für sich abgeerntet wurden. Die Ergebnisse weisen folgende Tabellen nach:

Versuch I (1883).

Winterroggen.

Exposition	Körner (gr)					Stroh und Spreu (gr)				
	Beete von O. n. W.		Beete von N. n. S.		Ebene	Beete von O. n. W.		Beete von N. n. S.		Ebene
	S.	N.	O.	W.		S.	N.	O.	W.	
1. Reihe (Furche)	115	86	101	103	167	255	212	246	238	323
2. »	142	106	128	125	152	312	231	257	251	290
3. »	167	131	143	147	141	342	261	291	297	289
4. »	204	161	167	162	147	366	333	344	353	285
5. » (First)	232	182	199	207	129	404	343	369	385	269
6. »					141					290
7. »					166					321
8. »					146					315
9. »					156					305
10. »					158					301
Summa:	860	666	738	744	1503	1679	1380	1507	1524	2988
Insgesammt:	1526		1482		1503	3059		3031		2988

Sommerroggen.

1. Reihe (Furche)	64	81	71	67	95	116	120	116	125	167
2. »	84	80	80	71	105	173	123	141	124	159
3. »	101	76	93	87	92	170	146	157	144	149
4. »	127	93	103	116	88	157	156	160	184	152
5. » (First)	132	114	124	123	80	227	184	199	192	145
6. »					95					147
7. »					101					151
8. »					94					165
9. »					98					164
10. »					106					166
Summa:	508	444	471	463	954	843	729	773	769	1565
Insgesammt:	952		935		954	1572		1542		1565

Versuch II (1884).

Sommerraps.

Exposition	Körner (gr)					Stroh und Spreu (gr)				
	Beete von O. u. W.		Beete von N. u. S.		Ebene	Beete von O. u. W.		Beete von N. u. S.		Ebene
	S.	N.	O.	W.		S.	N.	O.	W.	
1. Reihe (Furche)	22,7	28,2	39,8	27,1	54,0	171,6	242,5	187,1	241,2	362,8
2. »	52,5	58,5	57,2	56,1	67,0	256,4	386,8	392,5	347,0	398,0
3. »	63,9	70,5	73,5	75,7	68,7	357,2	468,0	397,0	474,0	345,0
4. » (First)	69,3	78,0	79,7	76,2	65,0	394,0	475,3	395,0	476,0	413,5
5. »					69,5					353,4
6. »					66,8					391,7
7. »					68,0					409,0
8. »					56,2					426,5
Summa:	208,4	235,2	250,2	235,1	510,2	1179,2	1572,6	1371,6	1538,2	3099,9
Insgesammt:	443,6		485,3		510,2	2751,8		2909,8		3099,9

Ackerbohne.

Exposition	Körner (gr)					Stroh und Spreu (gr)				
	Beete von O. u. W.		Beete von N. u. S.		Ebene	Beete von O. u. W.		Beete von N. u. S.		Ebene
	S.	N.	O.	W.		S.	N.	O.	W.	
1. Reihe (Furche)	39,0	46,0	40,8	42,0	53,7	73,7	101,0	84,0	75,8	115,0
2. »	45,0	51,2	52,6	49,0	57,6	94,3	108,4	78,0	82,8	110,0
3. »	61,5	63,0	57,0	63,5	62,2	91,7	127,5	132,0	131,0	139,4
4. » (First)	77,0	82,0	79,1	82,0	59,7	162,0	172,0	164,6	175,0	107,0
5. »					50,0					105,5
6. »					65,0					132,4
7. »					73,4					121,0
8. »					69,0					112,9
Summa:	222,5	242,2	229,5	236,5	490,6	421,7	508,9	458,6	464,6	943,2
Insgesammt:	464,7		466,0		490,6	930,6		923,2		943,2

Aus diesen Zahlen wird zunächst ersichtlich,

1) daß die Erträge der Pflanzen auf den Beetflächen von der Furche nach dem Rücken in beträchtlichem Grade zunehmen und daß die hierdurch bedingten Unterschiede ungleich größer sind als jene, welche die Pflanzen an den verschiedenen Stellen des eben bearbeiteten Landes aufweisen.

Deutlich tritt dies hervor, wenn man das relative Verhältniß der Minima und der Maxima der auf den einzelnen Flächen ermittelten Erträge berechnet, wie solches in folgender Tabelle geschehen ist.

Pflanze	Das Minimum verhielt sich zum Maximum des Ertrags wie 100:									
	Körner (gr)					Stroh und Spreu (gr)				
	Beete von O. u. W.		Beete von N. u. S.		Ebene	Beete von O. u. W.		Beete von N. u. S.		Ebene
	S.	N.	O.	W.		S.	N.	O.	W.	
Winterroggen . .	201,7	211,6	197,0	201,0	129,5	158,4	161,8	150,0	161,8	120,1
Sommerroggen .	206,2	140,7	174,6	183,6	132,5	195,7	153,3	171,6	154,8	115,2
Sommerraps . .	305,3	276,6	200,3	281,2	147,2	229,6	196,0	212,2	196,1	123,6
Ackerbohne . .	197,4	178,3	193,8	195,2	146,0	219,8	170,3	195,9	230,9	132,2

Diese Zahlen zeigen zur Genüge, daß die Entwickelung der Pflanzen auf der ebenen Fläche wesentlich gleichmäßiger war als auf der in Beete niedergelegten. Die Ursache dieser Erscheinung ist ohne Zweifel auf die Vertheilung des fruchtbaren Bodens zurückzuführen, die im ersteren Fall eine gleichmäßige, im letzteren eine von der Furche nach dem Rücken der Beete zunehmende Mächtigkeit der Vegetationsschicht bedingt.

Bei näherer Durchsicht der oben mitgetheilten Daten ergiebt sich weiters, daß die verschieden exponirten Beetflächen je nach ihrer Lage mannigfache Unterschiede in den Ertragsziffern aufzuweisen haben, welche unter Berücksichtigung der im Jahre 1883 ermittelten sich dahin präzisiren lassen,

2) daß die Südseiten die höchsten Ernten lieferten, daß dann die Ost- und Westseiten folgten, während auf den nach Norden gerichteten Flächen die geringsten Erträge erzielt wurden.

In dem Betracht, daß diese Erscheinungen mit jenen in vollkommener Uebereinstimmung stehen, welche bezüglich der Erwärmung der betreffenden Flächen sich geltend machen, so darf es nicht als gewagt betrachtet werden, wenn man die Unterschiede in den Erträgen der verschieden exponirten Beetflächen auf jene in der Bodentemperatur zurückführt. Daß letztere aber nicht in allen Fällen zur vollen Wirkung gelangt, beweisen die im Jahre 1884 gewonnenen Ernteresultate, welche darthun, daß das Produktionsvermögen der Pflanzen auf den Südseiten demjenigen auf den Nordseiten nachstand. Zur Erklärung dieser Abweichung ist der Umstand heranzuziehen, daß die Witterung im Jahre 1884 ungleich trockener war als im Jahre 1883, derart, daß auf den südlichen Abdachungen in jenem das Wasser in das Minimum gerieth und die höhere

Temperatur nicht zur vollen Wirkung gelangen konnte wie im Vorjahre, wo der Boden in Folge feuchter Witterung stets mit genügenden Wassermengen versehen war. Für die gegenseitige Abhängigkeit der beiden Wachsthumsfaktoren, nämlich der Wärme und des Wassers, bieten sonach die Wachsthumserscheinungen auf den von Osten nach Westen gerichteten Beeten ein lehrreiches Beispiel[1]) und ganz allgemein wird hieraus die Schlußfolgerung abgeleitet werden dürfen,

3) daß die Südseiten der von Osten nach Westen verlaufenden Beete nur bei feuchter Witterung höhere Erträge liefern als die Nordseiten, daß hingegen bei trockener Witterung sich diese Verhältnisse umgekehrt gestalten.

Hinsichtlich der Frage des Einflusses der beiden in Rede stehenden Verfahren auf das Produktionsvermögen der Pflanzen, bezogen auf die Gesammtfläche, ist aus den Versuchsergebnissen zu schließen,

4) daß im Allgemeinen bei der Ebenarbeit höhere Erträge erzielt werden als bei der Beetarbeit und daß letztere ein gleiches Ergebniß wie jene nur in dem Falle liefert, wo die Pflanzen auf der Südseite der von Ost nach West verlaufenden Beete in ihrem Wachsthum gefördert worden sind.

In dem trockeneren Jahr 1884 trat der Unterschied zwischen der Eben- und Beetkultur hinsichtlich der Erntehöhen ungleich deutlicher hervor als in dem feuchteren Vorjahre. Es darf dies wohl ohne Weiteres darauf zurückgeführt werden, daß in ersterem Fall die den Pflanzen zu Gebote stehenden Feuchtigkeitsmengen auf der ebenen Fläche wesentlich höher waren als auf den nach verschiedenen Himmelsrichtungen exponirten Seiten der Beete. Der Einfluß des Wassers konnte sich im Jahre 1883 bei Weitem nicht in dem Grade geltend machen, weil die Niederschlagsmenge eine vergleichsweise größere war. Es trat daher ein Ausgleich in dem Feuchtigkeitsgehalt der in verschiedener Weise behandelten Bodenflächen in mehr oder minderem Grade ein, derart, daß nunmehr die Wärme zur vollen Wirkung gelangen konnte. In Folge der starken Erwärmung der feuchten Südhänge wurde das Wachsthum der Pflanzen auf denselben in erheblicher Weise gefördert, so daß nunmehr der Gesammtertrag von der Süd- und Nordseite der betreffenden

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 53.

Beete ebenso hoch (Sommerroggen) oder etwas höher (Winterroggen) ausfiel als von der ebenen Fläche. Die Ost- und Westhänge standen dagegen der ebenen Fläche bezüglich der Erntehöhe etwas nach, weil bei ihnen die Wirkungen höherer Temperaturen sich nicht geltend machen konnten und ihre Erwärmung an sich durchschnittlich eine geringere ist als in dem eben bearbeiteten Lande [1]).

Aus solchen wie den vorstehenden Thatsachen ergiebt sich, daß bei der Ebenkultur nicht allein höhere, sondern auch sicherere Erträge erzielt werden als bei der Beetkultur, weil bei dieser nur unter besonderen, hauptsächlich vom Gange der Witterung abhängigen Umständen dieselben Ernten gewonnen werden wie bei jener. Aber auch in diesem Falle wird die Ungleichförmigkeit im Wachsthum der Pflanzen auf den Beeten nicht ausgeglichen, im Gegentheil in verstärktem Grade hervorgerufen.

Trotz der geschilderten, entschieden zu Gunsten der Ebenarbeit sprechenden Naturerscheinungen wird vielleicht seitens der Praktiker gegen dieses Verfahren geltend gemacht werden, daß dasselbe hinsichtlich der Feuchtigkeitsregulirung des Kulturlandes, besonders in Rücksicht auf die Verhütung der Ansammlung übermäßiger Wassermengen der Beetkultur sicherlich nachstehe, weil bei dieser durch die Anlage zahlreicher Beetfurchen der Ueberschuß von Wasser leicht entfernt werden könnte, während in dem ebenen Lande dies nicht in gleich durchgreifender Weise sich bewerkstelligen lasse. Man könnte sogar geneigt sein, oben nachgewiesene Thatsache, daß das ebene Land feuchter ist als das nach verschiedenen Richtungen geneigte, gerade als Beweis für die Richtigkeit jener Anschauung heranzuziehen. Indessen läßt sich der Nachweis führen, daß letztere mit den thatsächlichen Verhältnissen nicht in Uebereinstimmung zu bringen ist.

Offenbar wird, wie hier zunächst angeführt sein mag, die Beetkultur, wenn überhaupt, nur auf bindigen Bodenarten, d. h. auf solchen, welche eine geringe Permeabilität für Wasser besitzen, die ihr zugeschriebene Wirkung ausüben können. Dafür, daß bei horizontaler Lage der Feldfläche eine Abfuhr des in einen solchen Boden nicht eingedrungenen Wassers nicht möglich ist, spricht der Umstand, daß die Beetfurchen unter diesen Verhältnissen kein Gefälle besitzen. Das Wasser sammelt

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 263.

sich vielmehr in den Beetfurchen in einer mehr oder weniger hohen Schicht an und bleibt längere Zeit stehen, weil die Verdunstung verlangsamt ist, in Folge der Beschränkung der Oberfläche der Wasserschicht und des durch die Rücken der Beete bedingten Schutzes gegenüber den Verdunstungsfaktoren. Auf dem eben bearbeiteten Lande kann dagegen unter gleichen Verhältnissen das oberflächlich sich ansammelnde Wasser ungleich schneller verdunsten, weil es über die ganze Fläche ausgebreitet und den Einwirkungen des Windes und der Sonne unbehindert ausgesetzt ist. Auf geneigten Feldern wird zwar das Wasser bei entsprechender Lage der Beetfurchen abgeführt, aber derselbe Effekt läßt sich auch bei der Ebenarbeit erreichen durch Anlage einiger weniger Wasserfurchen, welche nicht allein eine geringere Fläche kulturfähigen Landes in Anspruch nehmen, sondern auch sich zweckmäßiger anordnen lassen als die zahlreichen Beetfurchen.

Die Regulirung der Bodenfeuchtigkeit, soweit das Tagwasser in Betracht kommt, läßt sich mithin bei der Ebenkultur in vollkommenerer Weise bewirken als bei der Beetkultur und deshalb erscheinen die zu Gunsten der letzteren in dieser Richtung seitens der Praktiker angeführten Argumente hinfällig. Zieht man andererseits die oben geschilderten Erscheinungen im Wachsthum der Pflanzen in Betracht, so wird kein Zweifel darüber bestehen können, welchem der beiden Verfahren man im rationellen Betriebe den Vorzug zu geben habe, und dies um so weniger, wenn man hierbei die sonstigen mit der Beetkultur verknüpften Nachtheile in Rücksicht zieht.

In Bezug hierauf ist zunächst der Umstand als ein schwerwiegender anzusehen, daß bei der Anlage von Beeten ein Theil des kulturfähigen Landes verloren geht, weil die Pflanzen in den Beetfurchen in der Regel nur ein kümmerliches Dasein fristen. Der Ausfall an nutzbarer Bodenfläche ist um so größer, je schmaler die Beete angelegt werden und erstreckt sich z. B. bei der in vielen Gegenden Bayerns üblichen sogen. Bifangkultur[1]) auf $^1/_8$ des Areals. Indem bei der Ebenarbeit die ganze Fläche gleichmäßig bestellt wird und die in verhältnißmäßig geringer Zahl anzulegenden Wasserfurchen nicht viel Raum in Anspruch nehmen, ergiebt sich zu Gunsten derselben ein Gewinn, welcher an sich den Vor-

[1]) Die Bifänge werden durch Aneinanderlegen von je 2 Furchen beiderseits, also im Ganzen aus 4 Furchen hergestellt.

rang dieser Methode vor der Beetkultur hinlänglich begründet. Gegenüber der Anschauung, daß die Beetkultur trotzdem auf flachgründigen Böden nicht zu umgehen sei, weil auf solchen erst bei einer theilweisen Anhäufung der Ackerkrume ein entsprechender Ertrag zu erzielen sei, ist geltend zu machen, daß dieser Zweck schwerlich hierdurch erreicht werden dürfte, wenigstens nicht hinsichtlich der Quantität der Ernten, weil letztere nicht proportional der Mächtigkeit der Ackerschicht zunehmen, sondern in einem geringeren Verhältniß[1]).

Des Weiteren zeichnet sich die Ebenarbeit vor der Beetarbeit dadurch auf das Vortheilhafteste aus, daß in jenem Fall die mechanische Bearbeitung des Bodens sich nicht allein leichter und wesentlich billiger, sondern auch ungleich sachgemäßer ausführen läßt als in diesem. Während bei der Anlage der Beete der Pflug beständig hinsichtlich seines Tiefganges regulirt werden muß, fällt bei der Ebenkultur diese zeitraubende Arbeit vollständig fort. Dadurch, daß ferner bei der Beetarbeit die Pflüge an beiden Enden des Ackerlandes eine Strecke leer gehen müssen, tritt eine mit einer entsprechenden Vermehrung der Kosten verknüpfte Zeitvergeudung ein, während bei der Ebenkultur, wenn bei derselben das sogen. Quarré- oder Figurenpflügen in Anwendung kommt, die Pflüge dauernd in Thätigkeit bleiben. Aus diesen Gründen stellen sich die Kosten der Bearbeitung bei letzterem Verfahren beträchtlich niedriger als bei jenem. Dazu kommt, daß erst mittelst der Ebenarbeit den an eine rationelle Bodenkultur zu stellenden Anforderungen Genüge geleistet werden kann. Wie an einer anderen Stelle nachgewiesen wurde[2]), ist bei der Bearbeitung der bindigeren Bodenarten ganz besonders darauf zu achten, daß dieselben bei einem gewissen mittleren Feuchtigkeitsgrad gepflügt werden. Diese Regel läßt sich auf dem ebenen Felde viel leichter befolgen als auf dem in Beete niedergelegten, weil bei jenem die Bodenfeuchtigkeit gleichmäßig, bei letzterem in einer solchen Weise vertheilt ist, daß, falls auf den Rücken der normale Wassergehalt eingetreten ist, die Partieen an den Seiten und besonders in den Beetfurchen noch zu naß sind, als daß es möglich wäre, an diesen Stellen eine krümelige Struktur der Ackererde herbeizuführen. Ungünstig für die Frühjahrsbearbeitung ist in fraglicher Richtung der Umstand, daß der Schnee

[1]) Dieses Heft, folgendes Kapitel.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 245.

im Winter von dem Rücken der Beete verweht wird und sich in den Beetfurchen anhäuft, wodurch der Boden längere Zeit in einem übermäßigen Feuchtigkeitszustand erhalten wird. Abgesehen hiervon wird man bei vorurtheilsfreier Beurtheilung vorwürfiger Frage sich ferner der Anschauung nicht verschließen dürfen, daß auch in vielen anderen Beziehungen bezüglich der sachgemäßen Verwendung der Ackerinstrumente sich erhebliche Vortheile für die Ebenarbeit ergeben. Dahin ist zu rechnen, daß das hinsichtlich Herbeiführung einer krümeligen Struktur und Mischung der Bodenpartieen so wirksame Querpflügen und Quergrubbern bei der Beetarbeit ausgeschlossen ist, bei der Ebenarbeit hingegen nach allen Richtungen hin vorgenommen werden kann. Dasselbe gilt von dem Eggen und Walzen, denn diese Arbeiten lassen sich in viel vollkommenerer Weise auf dem ebenen als auf dem mit gewölbten Beeten versehenen Felde in Ausführung bringen.

Schließlich darf nicht unerwähnt bleiben, daß verschiedene als rationell erkannte Verfahren bei der Kultur der Nutzgewächse erst mit Hilfe der Ebenarbeit in vollkommenster Weise angewendet werden können, wie z. B. die Drill- und Hackkultur, welche bei der Beetarbeit mancherlei zu wünschen übrig lassen und die Benützung von Maschinen von komplizirter Konstruktion erfordern. Was die Aberntung der Felder betrifft, so ist diese leichter zu bewerkstelligen, wenn dieselben eine ebene Oberfläche besitzen, als in dem Fall, wo auf ihnen Beete hergestellt sind. Dieses Moment kommt hauptsächlich bei dem Abmähen, wie nicht minder bei der Abfuhr der Ernteprodukte in Betracht.

Bei Zusammenfassung der im Vorstehenden mitgetheilten Thatsachen ergiebt sich als Endresultat, daß unter den die Formgestaltung des Ackerlandes betreffenden Beackerungsmethoden die Ebenkultur nach den verschiedensten Richtungen die größten Vortheile bietet.

Neue Litteratur.

M. Whitney, F. D. Gardner and L. J. Briggs. **An electrical method of determining the moisture content of arable soils.** U. S. Department of agriculture. Division of soils. Bulletin. No. 6. Washington 1897.

M. Whitney and L. J. Briggs. **An electrical method of determining the temperature of soils.** Ibid. Bulletin. No. 7.

M. Whitney and Th. H. Means. **An electrical method of determining the soluble salt content of soils,** with some results of investigations on the effect of water and soluble salts on the electrical resistance of soils. Ibid. Bulletin. No. 8.

C. Luedecke. **Beiträge zur Kenntniß der Böden des nördlichen Odenwaldes.** Abdruck aus den Erläuterungen zu den Blättern Erbach-Michelstadt, Brensbach u. s. w. der geologischen Karte des Großherzogthums Hessen.

A. Baumann. **Die Moore und die Moorkultur in Bayern.** Fünfte Fortsetzung. Forstlich-naturw. Zeitschrift. 1897. Heft 11. S. 393—409.

N. Sstbirzeff. **Étude des sols de la Russie.** Congrès géologique international. 1897. Mémoires présentés au congrès. V. p. 73—125. St. Pétersbourg. 1897.

N. Sstbirzeff. **Die Bodenklassifikation in ihrer Anwendung auf Rußland bezüglich.** (Russisch und deutsch.) Annuaire géologique et minéralogique de la Russie. T. II. Liv. 5. p. 73—78. Varsovie. 1897.

E. Bréal. **Production de l'ammoniaque aux dépens des matières azotées et de l'humus.** Annales agronomiques. T. XXIII. 1897. No. 8. p. 356.

P. P. Dehérain. **Ueber die Fixirung des Stickstoffs in Ackerböden.** Comptes rendus. T. CXXV. 1897. p. 278.

II. Physik der Pflanze.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CIV. Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf das Produktionsvermögen der Nutzgewächse.

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

Nachdem durch zahlreiche Versuche der Nachweis geliefert worden war, daß die Böden je nach ihrer mechanischen Zusammensetzung große Verschiedenheiten bezüglich mehrerer höchst wichtiger Wachsthumsbedingungen der Pflanzen aufzuweisen haben, schien es dem Referenten angezeigt, der Frage näher zu treten, inwieweit die physikalische Beschaffenheit des Erdreiches die Erträgnisse zu beeinflussen vermöge. Obwohl die einschlägigen Versuche auf Erschöpfung des Gegenstandes keinen Anspruch erheben können, so dürften dieselben doch geeignet sein, im Allgemeinen die Gesetzmäßigkeiten klar zu legen, welche in fraglicher Richtung vornehmlich in Betracht zu ziehen sind.

I. Die Inklination und die Exposition der Bodenfläche.

A. Die Inklination der Bodenfläche.

Der Einfluß, welchen die Inklination, d. h. die Neigung des Bodens gegen den Horizont auf das Produktionsvermögen der Nutzgewächse auszuüben vermag, wurde mit Hilfe von Vegetationskästen von 80 : 80 cm Querschnitt und 24 cm Tiefe zu ermitteln versucht, welche in einer Entfernung von 1 m von einander bei einem Neigungswinkel von 0°,

10°, 20° und 30°, nach Süden exponirt, auf einem aus Brettern hergestellten Podium im Freien aufgestellt waren. Die zum Einfüllen bestimmte Erde (humoser Diluvialsandboden) war zuvor sorgfältig gemischt worden und wurde in gleichen Quantitäten schichtenweise bis zum Rande in die Kästen eingeführt. Der Boden der letzteren war durchlöchert, so daß die überschüssigen Wassermengen abfließen konnten.

Bei dem Anbau, der selbstredend auf allen Parzellen in gleichmäßiger Weise vorgenommen wurde, erhielt der Boden jedesmal eine Düngung mit künstlichen Düngemitteln, durch welche die wichtigsten Nährstoffe (Stickstoff, Kali, Phosphorsäure) in leicht aufnehmbaren Formen zugeführt wurden.

Ueber die Ernteergebnisse geben die folgenden Tabellen nähere Auskunft:

Versuch I (1883).

Winterroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Ernte.

Neigung der Fläche:	10°	20°	30°
Zahl der Halme	262	340	269
Körner (gr)	178	227	205
Stroh und Spreu (gr) . . .	540	492	528

Sommerraps.

Zahl der Pflanzen: 64.

Körner (gr)	40,2	43,4	48,5
Stroh und Spreu (gr) . . .	401	382	378

Rüben.

Zahl der Pflanzen: 9.

Wurzeln (gr)	1330	1440	1510
Blätter (gr)	360	340	300

Versuch II (1884).

Sommerrübsen.

Zahl der Pflanzen: 64. Saatzeit: 26. April.

Aufgang der Pflanzen.

Neigung der Fläche:	Mai					
	3.	4.	5.	6.	7.	8.
0°	—	—	5	45	47	64
10°	1	7	58	62	64	—
20°	1	13	58	64	—	—
30°	3	21	58	64	—	—

Ernte.

Neigung der Fläche:	0°	10°	20°	30°
Körner (gr)	46	43	42	36
Stroh und Spreu (gr) . .	156	165	156	144

Sommerroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Zahl der Halme	231	237	217	157
Körner (gr)	103,5	96,6	100,0	94,0
Stroh und Spreu (gr) . .	206	207	204	205

Kartoffeln.

Zahl der Pflanzen: 4.

Knollenzahl	49	47	44	41
Knollengewicht (gr) . . .	970	910	940	800

Versuch III (1886).

Sommerroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Zahl der Halme	167	186	204	172
Körner (gr)	70,4	78,6	74,5	81,2
Stroh und Spreu (gr) . .	193	234	218	232

Sommerraps.

Zahl der Pflanzen: 25.

Körner (gr)	18	27	24	29
Stroh und Spreu (gr) . .	152	186	174	183

Ackerbohne.

Zahl der Pflanzen: 25.

Körner (gr)	65,6	85,5	147,3	138,2
Stroh und Spreu (gr) . .	150	185	214	218

Versuch IV (1887).

Sommerroggen.

Zahl der Pflanzen: 36.

Zahl der Halme	338	336	343	349
Körner (gr)	108,8	89,2	65,4	48,4
Stroh und Spreu (gr) . .	287	284	262	250

Sommerraps.

Zahl der Pflanzen: 96.

Neigung der Fläche:	0°	10°	20°	30°
Körner (gr)	51,3	46,0	45,1	42,6
Stroh und Spreu (gr) . .	176,8	157,2	148,0	138,6

Ackerbohne.

Zahl der Pflanzen: 96.

Körner (gr)	87,5	56,4	40,0	36,9
Stroh und Spreu (gr) . .	283,9	201,9	181,2	169,2

Kartoffel.

Zahl der Pflanzen: 4.

Knollenzahl (gr)	210	140	120	110
Knollengewicht (gr) . . .	940	970	820	710

Versuch V (1888).

Winterroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Zahl der Halme	272	269	257	243
Körner (gr)	92,5	85,0	82,7	75,4
Stroh und Spreu (gr) . .	192	174	171	161

Sommerroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Zahl der Halme	351	322	380	365
Körner (gr)	111	112	127	124
Stroh und Spreu (gr) . .	264	260	274	238

Ackerbohne.

Zahl der Pflanzen: 49.

Körner (gr)	128	248	292	248
Stroh und Spreu (gr) . .	350	460	560	460

Versuch VI (1889).

Sommerroggen.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	78,2	85,5	94,0	90,0
Stroh und Spreu (gr) . .	172,7	175,0	138,5	171,2

Sommerraps.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Neigung der Fläche:	0°	10°	20°	30°
Körner (gr)	**14,1**	**20,0**	**22,6**	**28,9**
Stroh und Spreu (gr) . .	84,4	93,0	98,0	115,0

Leindotter.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**31,5**	**33,4**	**39,7**	**47,5**
Stroh und Spreu (gr) . .	98,5	114,2	115,5	120,2

Ackerbohne.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**142,0**	**150,0**	**156,3**	**146,0**
Stroh und Spreu (gr) . .	420	440	445	400

Versuch VII (1890).

Sommerroggen.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**92,0**	**97,0**	**95,8**	**89,3**
Stroh und Spreu (gr) . .	251,3	273,5	262,0	300,3

Leindotter.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**62,5**	**68,2**	**64,0**	**65,0**
Stroh und Spreu (gr) . .	230,0	212,0	203,4	204,9

Sommerraps.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**28,6**	**31,0**	**26,0**	**22,6**
Stroh und Spreu (gr) . .	127,5	197,0	126,5	107,0

Ackerbohne.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**27,0**	**53,5**	**79,3**	**62,5**
Stroh und Spreu (gr) . .	320	380	540	290

Vorstehende Zahlen lassen zunächst keine bestimmte Gesetzmäßigkeit erkennen, denn sie zeigen, daß in einigen Fällen die Ernten um so höher waren, je stärker geneigt die Flächen (1883, 1886, 1889), während in den übrigen Versuchen entweder die umgekehrten Erscheinungen sich geltend machten (1884, 1887) oder bei einem bestimmten Neigungswinkel ein Maximum des Ertrages erzielt wurde, bei stärkerer oder schwächerer Neigung der Bodenfläche das Produktionsvermögen der Gewächse verringert war (1888, 1890).

Der Umstand, daß in den einzelnen Versuchsjahren fast ausnahmslos die bei den verschiedenen Nutzpflanzen ermittelten Resultate Uebereinstimmung mit einander zeigten, deutet offenbar darauf hin, daß die geschilderten Unterschiede in den verschiedenen Versuchsjahren auf solche in den äußeren Lebensbedingungen der Pflanzen, besonders in den durch die Witterungszustände bedingten zu suchen seien. Um dies zu verstehen, wird man vorerst sich die Abänderungen zu vergegenwärtigen haben, welche durch die Inklination der Flächen bezüglich zweier wichtiger Wachsthumsfaktoren, nämlich der Wärme und des Wassers, hervorgerufen werden.

Wie bei einer anderen Gelegenheit nachgewiesen wurde[1]), ist der Boden um so wärmer resp. um so trockener, je stärker geneigt die nach Süden exponirten Flächen sind. Bei verschiedener Neigung der Ackerflächen gegen den Horizont wirken sonach die Wärme und das Wasser in entgegengesetzter Richtung und beherrschen, nach Maßgabe des allgemeinen Gesetzes der Pflanzenproduktion[2]), das Wachsthum der angebauten Pflanzen in der Weise, daß derjenige der beiden Faktoren das Uebergewicht erlangt, welcher in geringster und unzureichender oder dem Maximum nahe gelegener Intensität unter den gerade vorliegenden Verhältnissen zur Wirkung kommt.

Wenn bei feuchter Witterung die Verschiedenheiten in dem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens verschieden stark geneigter Hänge mehr oder weniger ausgeglichen werden, wie dies in den Jahren 1883, 1886 und 1889 der Fall war, so kann die Wärme ihren vollen Einfluß geltend machen, d. h. es werden die Erträge steigen, je größer der Neigungs-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 3 und 10.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 53—109.

winkel der Fläche innerhalb gewisser Grenzen ist. Die Wirkung der Wärme kann dagegen nicht in die Erscheinung treten, sobald die Niederschläge, wie in den Jahren 1884 und 1887, spärlich oder sehr ungleichmäßig vertheilt sind, weil die von dem Boden eingeschlossenen Feuchtigkeitsmengen um so weniger zur Erzielung von Maximalernten ausreichen, je größer der Neigungswinkel der Fläche ist. Unter solchen Verhältnissen verschiebt sich der höchste Ertrag nach dem weniger stark geneigten (1888, 1890) oder dem horizontal gelegenen Boden (1884, 1887). In welchem außerordentlichen Grade die Gewächse auf diese verschiedenen Einwirkungen reagiren, ergiebt sich nicht nur aus den beträchtlichen Unterschieden in den Erträgen der verschieden geneigten Hänge, sondern auch aus einzelnen Beobachtungen, welche von den in Vergleich zu ziehenden scheinbar Abweichungen aufweisen. Dies gilt z. B. von dem Versuch mit Winterroggen im Jahre 1888, welcher um so höhere Erträge geliefert hatte, je geringer die Neigung der Bodenfläche war, während sich bei den Sommerfrüchten diese Verhältnisse zum Theil umgekehrt gestalteten. Die Ursache hiervon ist darin zu suchen, daß die Witterung im Mai, also während der Hauptentwickelungsperiode des Winterroggens abnorm trocken war, daß die Niederschläge in der Folgezeit die Schädigungen der Trockenheit auf den steilen Hängen bei dieser Pflanze nicht, dagegen aber bei den übrigen länger vegetirenden Gewächsen zu repariren vermochten.

Unter Berücksichtigung der vorstehend geschilderten Thatsachen wird geschlossen werden dürfen,

1) daß die Pflanzen auf verschieden stark gegen den Horizont geneigten und südlich exponirten Bodenflächen mit dem Neigungswinkel innerhalb gewisser Grenzen (30°) zunehmende Erträge liefern, wenn der Boden in Folge besonderer Witterungszustände dauernd mit genügenden Feuchtigkeitsmengen versehen wird;
2) daß dagegen bei trockener Witterung oder ungleichmäßig vertheilten Niederschlägen die bezüglichen Verhältnisse in den Erträgen sich umgekehrt gestalten oder bei einem bestimmten Neigungswinkel Maximalernten, bei größerer oder geringerer Neigung der Bodenfläche aber geringere Erträge erzielt werden.

Im Uebrigen ergab sich, wie nicht unerwähnt gelassen bleiben soll, daß der Aufgang der Pflanzen (Versuch II, Sommerrübsen) im Frühjahr um so schneller erfolgt, je stärker geneigt die Fläche ist, ein Umstand, der sich in einfacher Weise aus den gleichsinnig sich geltend machenden Wirkungen der Wärme erklären läßt, welche zu dieser Jahreszeit, wo der Boden mit ausreichenden Feuchtigkeitsmengen versehen ist, nicht anderweitig alterirt werden.

B. Die Exposition der Bodenfläche.

Behufs Feststellung des Einflusses, welchen die Exposition, d. h. die Lage des Bodens gegen die Himmelsrichtung auf das Produktionsvermögen der Kulturgewächse auszuüben im Stande ist, wurden Holzkästen wie die sub A benutzten bei einem Neigungswinkel von 15° übers Kreuz nach den vier Haupthimmelsrichtungen auf einer hölzernen Unterlage im Freien aufgestellt. Die seitlichen Zwischenräume, sowie die obere Oeffnung zwischen den Kästen wurden durch Bretterwände abgeschlossen, wodurch die seitliche Erwärmung des Erdreiches hintangehalten wurde. Auch in diesen Versuchen wurde vor dem jedesmaligen Anbau in der oben angegebenen Weise eine Düngung vorgenommen. Bezüglich der sonstigen Details und der Resultate dieser Versuche sind die Daten in folgenden Tabellen zu vergleichen:

Versuch I (1882).
Gelbe Sojabohne.
Zahl der Pflanzen: 49. Saatzeit: 26. April.
Aufgang der Pflanzen.

Exposition:	Mai					
	8.	9.	10.	11.	12.	13.
Ost	1	15	29	47	—	48
Süd	1	25	39	44	47	—
West	1	11	26	40	45	—
Nord	—	4	14	39	46	48

Ernte.
Pro 9 Pflanzen.

Exposition:	Ost	Süd	West	Nord
Körnerzahl	128	285	139	49
Körnergewicht (gr) . . .	11,2	27,8	11,2	3,6
Stroh und Spreu (gr) . .	359	375	392	360

Versuch II (1883).

Runkelrübe.

Zahl der Pflanzen: 9.

Ernte.

Exposition:	Ost	Süd	West	Nord
Wurzeln (gr)	2370	3290	2100	2700
Blätter (gr)	800	1050	870	620

Kartoffel.

Zahl der Pflanzen: 9.

Knollenzahl	184	183	184	177
Knollengewicht (gr) . . .	2294	2329	1940	1952

Versuch III (1884).

Winterroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Ernte.

Aehrenzahl	127	117	172	161
Körner (gr)	110,0	100,3	124,0	119,2
Stroh und Spreu (gr) . .	212	201	286	251

Sommerraps.

Zahl der Pflanzen: 49.

Körner (gr)	49,8	45,5	63,5	57,5
Stroh und Spreu (gr) . .	351	306	346	376

Rübsen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Körner (gr)	189	183	206	203
Stroh und Spreu (gr) . .	820	820	880	830

Mais.

Zahl der Pflanzen: 16.

Reife Kolben	9	11	8	8
Unreife Kolben	5	5	5	6
Körner (gr)	179	186	167	138
Stroh und Spreu (gr) . .	1220	860	1110	1080
Kolbenstroh (gr)	210	220	231	230

Runkelrübe.

Zahl der Pflanzen: 9.

Wurzeln (gr)	1150	1080	1300	1260
Blätter (gr)	580	560	630	590

Kartoffel.
Zahl der Pflanzen: 9.

Exposition:	Ost	Süd	West	Nord
Knollenzahl	1480	1390	1450	1490
Knollengewicht (gr) . . .	87	95	84	97

Versuch IV (1888).
Winterroggen.
Zahl der Pflanzen: 64.

Zahl der Halme	323	295	285	275
Körner (gr)	96	88	89	79
Stroh und Spreu (gr) . .	210	172	179	168

Versuch V (1889).
Sommerroggen.
Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	79,6	84,5	77,0	73,5
Stroh und Spreu (gr) . .	165	174	168	163

Sommerraps.
Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	35,1	37,3	32,2	30,4
Stroh und Spreu (gr) . .	143	142	146	123

Wie man sieht, ist der Einfluß der Exposition auf die Erträge der Pflanzen in den verschiedenen Jahren ein sehr wechselnder, eine Erscheinung, die dem Umstande zuzuschreiben ist, daß die durch die verschiedene Lage des Bodens gegen die Himmelsrichtung abgeänderten Wachsthumsfaktoren, nämlich die Wärme und das Wasser, je nach dem Gange der Witterung in verschiedener Weise zur Herrschaft gelangen.

Nach den einschlägigen Versuchen des Referenten[1]) ist die Südseite wärmer, aber gleichzeitig trockener als die Nordseite, während die Ost- und Westseite mit verhältnißmäßig geringeren Unterschieden vergleichsweise ein mittleres Verhalten zeigen. Im Voraus wird nach Analogieen, wie solche bereits durch die sub A ermittelten Resultate gegeben sind, geschlossen werden dürfen, daß die höhere Temperatur der

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 263. — Bd. VI. 1883. S. 377.

südlich geneigten Flächen den Pflanzen nur dann zu Gute kommen wird, wenn der Boden mit genügenden Feuchtigkeitsmengen versehen ist, daß aber die Wirkungen der Wärme nicht zur Geltung kommen werden, sobald die Bodenfeuchtigkeit in das Minimum geräth. In der That ist dies der Fall, wie ein Vergleich der mitgetheilten Ergebnisse in den feuchten Jahren 1882, 1883 und 1889 mit denjenigen in den trockeneren Jahren 1884 und 1888 deutlich zeigt. Im ersteren Fall, wo das Erdreich durch die atmosphärischen Niederschläge mit ausreichenden Feuchtigkeitsmengen versehen wurde, entsprachen die Erntemengen auf den verschiedenen Parzellen vollständig den Wärmezuständen des Erdreiches, d. h. es war das Produktionsvermögen der Pflanzen auf den Südseiten am größten, dann folgten die Ost- und Westseiten, während auf den Nordhängen die geringsten Erträge erzielt wurden. In dem verhältnißmäßig niederschlagsarmen Jahre 1884, sowie bei der trockenen Witterung im Frühjahr 1888 wurde dagegen der Einfluß der Wärme auf den südlich exponirten Flächen in Folge der starken Austrocknung des Erdreiches vermindert und zwar in einer solchen Weise, daß die Erträge hinter jenen zurückblieben, welche auf den übrigen Hängen erzielt wurden. Nur bei dem wärmebedürftigen Mais hatte die mangelnde Bodenfeuchtigkeit den Einfluß der Wärme nicht zu verwischen vermocht.

Auf Grund solcher Thatsachen gelangt man zu der Schlußfolgerung,

1) daß bei verschiedener Lage der Bodenflächen gegen die Himmelsrichtung die Südseiten die höchsten, die Nordseiten den geringsten, und die Ost- und Westseiten vergleichsweise einen mittleren Ertrag liefern, wenn der Boden in Folge günstiger Witterungsverhältnisse mit genügenden Feuchtigkeitsmengen versehen wird;
2) daß dagegen bei trockener Witterung die südlich exponirten Flächen in dem Ertragsvermögen den nach den übrigen Himmelsrichtungen geneigten nachstehen.

Unter unseren klimatischen Verhältnissen sind die auf den Ostseiten gewonnenen Ernten bei trockener Witterung in der Regel geringer als auf den Westseiten, weil jene weniger Feuchtigkeit enthalten als diese. Das Maximum des Ertrages wird unter derartigen Umständen entweder auf den West- oder auf den Nordhängen erzielt. Bei extremer Trockenheit dürften sich letztere durch den höchsten Ertrag auszeichnen, weil

das Erdreich mit den größten Wassermengen versehen ist. Hieraus folgt, daß sich die Fruchtbarkeitsverhältnisse der verschieden exponirten Ackerflächen unter letzteren Umständen denjenigen entgegengesetzt verhalten, welche bei feuchter Witterung in die Erscheinung treten, d. h.

3) daß bei extrem trockener Witterung die höchsten Erträge auf der Nordseite gewonnen werden, daß dann in absteigender Reihe die Westseite, weiters die Ostseite folgt und auf der Südseite die geringsten Erntemengen erzielt werden.

Bei dem Aufgang der Pflanzen machen sich im Allgemeinen die Wirkungen der Wärme hauptsächlich geltend, was insofern nicht befremden kann, als der Boden zur Zeit der Ansaat mit ausreichenden Feuchtigkeitsmengen versehen ist. Demgemäß erscheinen die Pflanzen am frühesten auf den Südhängen an der Oberfläche, später auf den West- und Osthängen und zuletzt auf den Nordhängen (Versuch I. Sojabohne).

C. Die Inklination und Exposition der Bodenfläche.

In diesen Versuchen sollten die kombinirten Wirkungen der durch die Inklination und Exposition der Bodenfläche abgeänderten Wachsthumsfaktoren auf das Produktionsvermögen der Pflanzen festgestellt werden. Zu diesem Zweck wurden die Vegetationskästen von derselben Form und Größe, wie sub A, bei einem Neigungswinkel von 15° und 30° nach der im Abschnitt B angegebenen Anordnung aufgestellt und beschickt. Die Versuchsergebnisse sind in folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt:

Versuch I (1882).

Gelbe Sojabohne.

Zahl der Pflanzen: 49.

Neigung der Fläche:	15°				30°			
Exposition:	Ost	Süd	West	Nord	Ost	Süd	West	Nord
Körnerzahl	128	285	139	49	112	329	110	24
Körnergewicht (gr) . .	11,2	27,8	11,2	3,6	9,2	32,7	8,8	2,1
Stroh und Spreu (gr) .	359	375	392	360	490	329	350	202

Versuch II (1884).

Winterroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Aufgang der Pflanzen.

Inklination und Exposition:		Oktober 1883													
		2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
Neigung: 15°	Ost	2	16	39	49	59	62	—	—	63	—	—	—	64	—
	Süd	3	28	48	54	63	—	—	64	—	—	—	—	—	—
	West	1	2	19	30	50	59	—	64	—	—	—	—	—	—
	Nord	—	1	15	27	42	54	56	60	—	61	63	—	—	—
Neigung: 30°	Ost	4	15	38	54	59	62	—	—	—	64	—	—	—	—
	Süd	19	40	56	59	62	—	64	—	—	—	—	—	—	—
	West	2	4	19	30	45	56	—	62	63	—	—	—	—	—
	Nord	—	—	4	7	21	36	41	51	53	60	61	63	—	64

Ernte.

Neigung der Fläche:	15°				30°			
Exposition:	Ost	Süd	West	Nord	Ost	Süd	West	Nord
Zahl der Halme . . .	127	117	172	161	108	117	136	126
Körner (gr)	**110,0**	**100,3**	**124,0**	**119,2**	**102,0**	**79,5**	**110,7**	**108,2**
Stroh und Spreu (gr) .	212	201	286	251	208	202	238	209

Sommerraps.

Zahl der Pflanzen: 49.

Körner (gr)	**49,8**	**45,5**	**63,5**	**57,5**	**49,2**	**46,5**	**53,8**	**51,8**
Stroh und Spreu (gr) .	351	306	346	376	323	318	358	335

Mais.

Zahl der Pflanzen: 16.

Reife Kolben	9	11	8	8	8	9	9	1
Unreife Kolben . . .	5	5	5	6	3	3	5	9
Körner (gr)	**179**	**186**	**167**	**138**	**191**	**221**	**166**	**15**
Stroh und Spreu (gr) .	1220	860	1110	1080	1210	1000	1120	1280
Kolbenstroh (gr) . . .	210	220	231	230	219	290	233	17

Versuch III (1888).

Winterroggen.

Zahl der Pflanzen: 64.

Zahl der Halme	323	295	285	275	314	258	269	268
Körner (gr)	**96**	**88**	**89**	**79**	**81**	**76**	**79**	**49**
Stroh und Spreu (gr) .	210	172	179	168	205	169	154	138

Versuch IV (1889).

Sommerroggen.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Neigung der Fläche:	15°				30°			
Exposition:	Ost	Süd	West	Nord	Ost	Süd	West	Nord
Körner (gr)	79,6	84,5	77,0	78,5	85,7	86,0	78,5	66,7
Stroh und Spreu (gr) .	165	174	168	163	165	159	143	177

Sommerraps.

Gedrillt in 16,6 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	35,1	37,3	32,2	30,4	37,3	44,8	34,4	29,4
Stroh und Spreu (gr) .	143	142	146	123	114	162	139	114

Wie sich aus diesen Zahlen ersehen läßt, ergeben sich hinsichtlich der Erträge auf den verschieden exponirten Flächen dieselben Gesetzmäßigkeiten nach Maßgabe der Witterungsverhältnisse wie bei den unter B angeführten Versuchen. Im Uebrigen zeigte sich, daß der Neigungswinkel auf den Südhängen einen von den Niederschlagsmengen abhängigen Einfluß äußerte.

Bei feuchter Witterung (1882; 1889) war der Ertrag auf der Südseite um so höher, je größer der Neigungswinkel innerhalb der hier gewählten Grenzen war, während bei trockener Witterung (1884; 1888) die betreffenden Werthe sich umgekehrt stellten. Es beruht dies darauf, daß die höhere Temperatur der steileren Südseiten[1]) nur bei genügendem Wasservorrath zur Wirkung kommen kann, bei niederschlagsarmer Witterung aber sich ohne Einfluß erweist, weil mit der Zunahme des Neigungswinkels die Feuchtigkeitsmengen des Bodens sich in einem solchen Grade vermindern, daß damit das Ertragsvermögen der kultivirten Gewächse eine wesentliche Einschränkung erleidet.

Während bei den Südseiten von verschiedener Neigung die Witterungszustände sich für die Höhe der Erträge belangreich erweisen, scheinen letztere auf den übrigen Expositionen hinsichtlich des Einflusses des Neigungswinkels von der atmosphärischen Wasserzufuhr ungleich weniger beherrscht zu sein, insofern, unabhängig von der Witterung, in den verschiedenen Jahrgängen sich die gleichen Gesetzmäßigkeiten heraus-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 1—54.

stellten. Im Allgemeinen waren die Ernten auf den verschieden stark nach Osten und Westen geneigten Flächen annähernd gleich oder nahmen ab, je steiler letztere waren; während bei den Nordhängen in allen Fällen deutlich eine Abnahme des Produktionsvermögens der Pflanzen mit der Erhöhung des Neigungswinkels Hand in Hand ging.

Für das bezeichnete Verhalten der Ost- und Westseiten spricht zunächst der Umstand, daß der Böschungswinkel sich für die Bodentemperatur dieser Flächen von äußerst geringem Einfluß erweist, so daß die Unterschiede in der Bodenfeuchtigkeit, welche mit dem Neigungswinkel abnimmt, mehr oder weniger zur Geltung kommen können. Ein Ausgleich wird unter solchen Verhältnissen nur dann herbeigeführt, wenn die Witterung eine feuchte war (1889). Auf den Nordseiten dagegen ist die Abnahme der Temperatur mit steigender Neigung der Fläche eine so bedeutende[1]), daß selbst bei einer guten Durchfeuchtung des Erdreiches die Gewächse in ihrer Entwickelung dauernd gehemmt sind und demgemäß um so geringere Ernten liefern, je steiler die Hänge sind. Besonders werden hierdurch jene Pflanzenarten getroffen, welche, wie der Mais und die Sojabohne, hohe Anforderungen an die Wärme stellen.

Die bezüglich des Aufganges der Pflanzen ermittelten Daten lassen deutlich die Wirkungen der Wärme erkennen. Das Erscheinen der Keimpflänzchen erfolgte auf den Südseiten um so eher, auf den Nordseiten um so später, je stärker geneigt die Fläche war, während die bezüglichen Unterschiede bei den Ost- und Westseiten minimal waren, entsprechend den unbedeutenden Differenzen in der Erwärmung derselben bei verschiedenem Böschungswinkel. Abgesehen hiervon, läßt sich wiederum deutlich erkennen, daß die Keimung auf den südlich exponirten Flächen am schnellsten von Statten ging, auf den Nordhängen am langsamsten und auf den Ost- und Westseiten vergleichsweise mit mittlerer Geschwindigkeit.

II. Die Mächtigkeit der Vegetationsschicht.

Die Mächtigkeit der Vegetationsschicht hat für das Wachsthum der Pflanzen die Bedeutung, daß sie für das Bodenvolumen maßgebend ist, in welchem die Ausbreitung der Wurzeln stattfindet. Für die Tiefe, bis

[1]) a. a. O. S. 49.

zu welcher letztere vorzudringen vermögen, erweist sich jene Bodenschicht von Belang, welche dem Wachsthum der unterirdischen Pflanzenorgane ein mechanisches Hinderniß entgegenstellt oder sonstwie hinderlich ist. In Gebirgsgegenden bestimmt die Tieflage des Gesteins die Mächtigkeit der nutzbaren Bodenschicht. Im Flachlande ist letztere eine größere oder geringere, je nachdem sich mehr oder weniger tief unter der Oberfläche Schichten aus fest zusammenhängenden Materialien (Thon, Letten, Ortstein u. s. w.) oder aus derart groben Bestandtheilen (Schotter, Kies, Grus) vorfinden, daß das Wachsthum der Pflanzenwurzeln in diesen Schichten aus Mangel an Feuchtigkeit und Nährstoffen vollständig oder doch größtentheils behindert ist.

Zur Feststellung des Einflusses der Mächtigkeit der Vegetationsschicht auf das Ertragsvermögen der Pflanzen bieten die Bodenverhältnisse Münchens sowie eines großen Theils der bayerisch-schwäbischen Hochebene insofern eine günstige Gelegenheit, als der unter einer nur 5 höchstens 20 cm starken, aus humosem kalkreichen Diluvialsand bestehenden Ackerkrume liegende, bis in größere Tiefen reichende Glazialschotter sich durch große Unfruchtbarkeit auszeichnet. Bei Einleitung der Versuche wurden 40 cm tiefe Gruben hergestellt, deren Boden weiterhin zum Theil durch Auffüllen und Einstampfen von Schotter eine etagenartige Anordnung erhielt, derart, daß nach dem Einsetzen der zur Abgrenzung der Parzellen dienenden, aus 3 cm starken Brettern hergestellten, mit ihren Rändern in einer Horizontalebene liegenden Holzrahmen Vertiefungen von 40, 30, 20 und 10 cm entstanden. Letztere wurden mit zuvor gemischtem und gesiebtem humosen Diluvialsandboden beschickt, wobei die einzelnen Schichten von ca. 4 cm Mächtigkeit durch ein Brett festgedrückt wurden. Nach dem Setzen des Bodens wurde der etwa entstandene Raum bis zum Rande der Parzelle nachgefüllt. Unter solchen Verhältnissen ruhte also eine fruchtbare Bodenschicht von verschiedener Mächtigkeit auf einem für Wasser vollständig durchlässigen und an Nährstoffen armen Untergrunde auf. Die Größe der Parzellen betrug 4 qm (2 : 2 m). Wo in den folgenden Tabellen nichts Gegentheiliges bemerkt ist, erhielten die Pflanzen bei jedem Anbau eine Düngung mit Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter (500 kg pro ha), mit Ausnahme der Leguminosen, bei welchen die Stickstoffzufuhr unterlassen und nur Phosphorsäure und Kali gegeben wurden.

Die Ergebnisse dieser Versuche sind aus folgenden Tabellen ersichtlich:

Versuch I (1889).

Sommerraps.

Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung.

Düngung	Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume 10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Gedüngt	Körner (gr)	148,3	244,5	449,5	672,2
	Stroh und Spreu (gr)	1100	1470	1870	2650
Ungedüngt	Körner (gr)	107,0	160,0	348,0	551,5
	Stroh und Spreu (gr)	1030	1260	1500	2380

Versuch II (1890).

Winterroggen.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Gedüngt	Körner (gr)	373	642	841	1024
	Stroh und Spreu (gr)	910	1480	2110	2520
Ungedüngt	Körner (gr)	360	584	733	878
	Stroh und Spreu (gr)	850	1330	1780	2130

Mais.

Standraum der Pflanzen: 40:40 cm. Zahl der Pflanzen: 25.

Gedüngt	Zahl der Kolben	18	28	36	38
	Körner (gr)	631	1231	1600	2162
	Stroh und Spreu (gr)	2790	3300	3770	3950
	Kolbenstroh (gr)	586	1304	1484	1916
Ungedüngt	Zahl der Kolben	16	25	28	32
	Körner (gr)	582	1050	1296	1728
	Stroh und Spreu (gr)	2500	2940	3170	3070
	Kolbenstroh (gr)	484	1122	1267	1662

Kartoffel.

Standraum der Pflanzen: 50:50 cm. Zahl der Pflanzen: 16.

Mächtigkeit der Ackerkrume	Düngung	Ernte nach Zahl: große	mittlere	kleine	Summa	Ernte nach Gewicht (gr): große	mittlere	kleine	Summa
10 cm	Gedüngt	19	44	158	221	1870	2030	2210	6110
20 »		24	50	212	286	2500	2390	2940	7830
30 »		34	51	246	331	3960	3050	3210	10220
40 »		44	57	269	370	4770	3330	3670	11770
10 cm	Ungedüngt	15	47	126	188	1510	2070	1720	5300
20 »		16	47	186	249	1570	2300	2680	6550
30 »		29	53	196	278	3260	2510	2810	8580
40 »		27	64	202	293	3110	3260	3080	9450

Versuch III (1891).

Erbse.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Düngung	Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume			
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Gedüngt	Körner (gr) . . . . . Stroh und Spreu (gr) .	412 1440	495 1560	534 1850	690 2190
Ungedüngt	Körner (gr) . . . . . Stroh und Spreu (gr) .	392 1280	437 1490	453 1850	577 2150

Lein.

Breitwürfig gesäet.

Gedüngt	Körner (gr) . . . . . Rohflachs (gr)	62,5 720	104,0 1290	219,0 2020	292,5 2810
Ungedüngt	Körner (gr) . . . . . Rohflachs (gr)	72,0 460	116,3 900	266,0 1570	300,0 2100

Runkelrübe.

Standraum der Pflanzen: 40:40 cm. Zahl der Pflanzen: 25.

Gedüngt	Wurzeln (gr) . . . . Blätter (gr)	7600 3130	10440 4290	14650 5100	17850 6900
Ungedüngt	Wurzeln (gr) . . . . Blätter (gr)	6040 2600	9050 3430	12490 4150	13650 5000

Versuch IV (1892).

Sommerroggen.

Gedrillt in 15 cm Reihenentfernung.

Gedüngt	Körner (gr) . . . . . Stroh und Spreu (gr) .	414 910	635 1370	758 1730	990 2070
Ungedüngt	Körner (gr) . . . . . Stroh und Spreu (gr) .	372 650	582 980	699 1280	915 1600

Ackerbohne.

Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung.

Gedüngt	Körner (gr) . . . . . Stroh und Spreu (gr) .	840 1150	1020 1500	1100 1700	1170 1750
Ungedüngt	Körner (gr) . . . . . Stroh und Spreu (gr) .	630 950	780 1210	870 1480	880 1550

Leindotter.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Düngung	Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume			
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Gedüngt	Körner (gr)	**248,0**	**343,5**	**427,0**	**505,0**
	Stroh und Spreu (gr) .	720	1020	1440	1780

Mohrrübe.

Standraum: 40:40 cm. Zahl der Pflanzen: 25.

Gedüngt	Wurzeln (gr)	**3450**	**6410**	**9160**	**10730**
	Stroh und Spreu (gr) .	1820	2590	3760	5370

Versuch V (1898).

Gräsergemisch.

Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume			
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Grüne Masse (gr) ein Schnitt	1530	2020	2400	2960
Lufttrockene Masse (gr)	420	580	710	900

Rothklee.

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	2380	3420	4650	5940
» » » 2. »	2940	3800	4190	5970
Summa:	**5320**	**7220**	**8840**	**11910**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	500	730	1060	1400
» » » 2. »	690	900	1000	1460
Summa:	**1190**	**1630**	**2060**	**2860**

Luzerne.

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	4000	4580	4980	5240
» » » 2. »	4700	4330	3930	3870
Summa:	**8700**	**8910**	**8910**	**8610**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	1050	1200	1310	1350
» » » 2. »	1070	1010	960	850
Summa:	**2120**	**2210**	**2270**	**2200**

Esparsette.

Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume 10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	2560	3470	4750	5010
» » » 2. »	2570	3070	3110	3390
Summa:	**5130**	**6540**	**7860**	**8400**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	630	930	1330	1480
» » » 2. »	640	790	790	890
Summa:	**1270**	**1720**	**2120**	**2370**

Versuch VI (1894).

Gräsergemisch.

(2. Jahr.)

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	3430	3970	4250	5480
» » » 2. »	820	1310	1990	2470
Summa:	**4250**	**5280**	**6240**	**8950**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	1620	1770	1890	2560
» » » 2. »	190	300	420	560
Summa:	**1810**	**2070**	**2310**	**3120**

Rothklee.

(2. Jahr.)

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	6600	6820	6590	6350
» » » 2. »	6130	6300	5640	5270
» » » 3. »	2390	2540	2610	2480
Summa:	**15120**	**15660**	**14840**	**14100**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	1440	1530	1490	1470
» » » 2. »	1050	1170	950	910
» » » 3. »	400	520	540	550
Summa:	**2890**	**3220**	**2980**	**2930**

Esparsette.

(2. Jahr.)

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	12560	12740	13150	13050
» » » 2. »	4830	5080	5580	5230
» » » 3. »	4510	4480	4820	4800
Summa:	**21900**	**22300**	**23550**	**23080**

Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume			
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	3140	3370	3420	3400
» » » 2. »	1220	1150	1320	1200
» » » 3. »	1000	1090	1210	1200
Summa:	**5360**	**5610**	**5950**	**5800**

Luzerne.
(2. Jahr.)

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	6100	6950	7370	7600
» » » 2. »	7230	7980	8010	8010
» » » 3. »	5940	5970	6150	6590
Summa:	**19270**	**20900**	**21530**	**22200**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	1560	1990	2030	2020
» » » 2. »	1650	1890	1900	1890
» » » 3. »	1580	1620	1810	1840
Summa:	**4790**	**5500**	**5740**	**5750**

Gelbklee (Medicago lupulina).

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	3170	4800	5210	6200
» » » 2. »	9880	10020	10530	10440
Summa:	**13050**	**14820**	**15740**	**16640**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	780	990	1010	1150
» » » 2. »	1740	1750	1800	1760
Summa:	**2520**	**2740**	**2810**	**2910**

Kleegrassgemisch.

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	3030	6180	8200	8400
» » » 2. »	3600	4930	5560	6790
Summa:	**6630**	**11110**	**13760**	**15190**
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	1070	1390	1420	1400
» » » 2. »	780	1200	1470	1840
Summa:	**1850**	**2590**	**2890**	**3240**

Versuch VII (1895).

Gräsergemisch.
(3. Jahr.)

Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume			
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	3900	6490	7200	7870
» » » 2. »	430	570	940	1490
Summa:	4330	7060	8140	9360
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	1240	1730	1810	2110
» » » 2. »	190	250	300	470
Summa:	1430	1980	2110	2580

Kleegrasgemisch.
(2. Jahr.)

Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	17900	17980	18890	19350
» » » 2. »	3950	4000	4100	4450
Summa:	21850	21980	22990	23800
Lufttrockene Masse (gr) 1. Schnitt	3070	3010	3320	3450
» » » 2. »	1110	1160	1190	1250
Summa:	4180	4170	4510	4700

Gelbklee.
(2. Jahr.)

Grüne Masse (gr) ein Schnitt	9970	10590	12020	12920
Lufttrockene » »	1610	1670	1920	2280

Inkarnatklee.

Grüne Masse (gr) ein Schnitt	2450	4430	8070	9420
Lufttrockene » »	740	1210	1740	2040

Bastardklee (Trifolium hybridum).

Grüne Masse (gr) ein Schnitt	3020	5140	8520	11080
Lufttrockene » »	960	1610	2070	3030

Waldplatterbse (Lathyrus silvestris).

Grüne Masse (gr) ein Schnitt	2190	4200	6410	6860
Lufttrockene » »	740	1340	1920	2230

Versuch VIII (1896).

Waldplatterbse.

(2. Jahr.)

Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume			
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Grüne Masse (gr) ein Schnitt	3910	8230	10580	10470
Lufttrockene » »	850	1750	1990	1890

Buschbohne.

Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**1590**	**1550**	**1490**	**1410**
Stroh und Spreu (gr)	1170	1570	1590	1700

Ackerbohne.

(Nicht reif geworden.)

Grüne Masse (gr)	13000	17320	18920	19000

Weiße Lupine (Lupinus albus).

(Nicht reif geworden.)

Grüne Masse (gr)	41140	44000	49240	55350

Sonnenblume.

Standraum der Pflanzen: 40:40 cm. Je 25 Pflanzen.

Blumenköpfe, reife	25	25	26	26
» unreife	13	9	11	8
Summa:	38	34	37	34
Körner (gr)	**630**	**840**	**1060**	**1350**
Stroh (grün in gr)	14070	15180	16390	19390
Stroh von den Blumenköpfen (gr) .	2610	2840	3670	5200

Kohlrübe.

Standraum der Pflanzen: 40:40 cm. Je 25 Pflanzen.

Wurzeln (gr)	**6230**	**6560**	**9900**	**11490**
Blätter (gr)	520	600	820	1100

Versuch IX (1897).

Waldplatterbse.

(3. Jahr.)

Grüne Masse (gr) ein Schnitt	17380	18380	18870	17700
Lufttrockene » »	3950	4080	4020	3530

Serradella.

Ernte	Mächtigkeit der Ackerkrume			
	10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
Grüne Masse (gr) ein Schnitt	12930	13840	15090	15500
Lufttrockene » »	1440	1740	2170	2250

Lupine, blaue.
Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	763	707	655	608
Stroh und Spreu (gr)	1290	1440	1660	2470

Saatwicke.
Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	720	650	490	250
Stroh und Spreu (gr)	1730	1890	1930	2290

Linse.
Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	490	570	490	260
Stroh und Spreu (gr)	1230	1440	1570	1770

Bei Durchsicht dieser Zahlen ergiebt sich zur Evidenz,

1) daß die Erträge bei den Getreidearten, dem Raps, Leindotter, Lein, der Sonnenblume, den Wiesengräsern und den Wurzel- und Knollenfrüchten mit der Mächtigkeit der Vegetationsschicht zunehmen, zwar nicht proportional derselben, sondern in einem schwächeren Verhältniß, jedoch in einem solchen Grade, daß die betreffenden Unterschiede in den Ernteziffern als sehr beträchtlich bezeichnet werden müssen,

2) daß die bei den schmetterlingsblüthigen Gewächsen bei verschiedener Bodentiefe erzielten Ernten entweder ungleich geringere Unterschiede wie vorbezeichnete Pflanzen aufweisen, oder sich ausgleichen und in manchen Fällen bezüglich der Körnerproduktion zu der Mächtigkeit der Vegetationsschicht in einem umgekehrten Verhältniß stehen.

Aus den durch Satz 1) charakterisirten Gesetzmäßigkeiten ergiebt sich, daß die in Rede stehende Frage sich nicht ohne Weiteres nach den

Anschauungen beurtheilen läßt, welche sich bezüglich des Bewurzelungsvermögens der verschiedenen Spezies herausgebildet haben, weil hiernach die flachwurzelnden Gewächse, wie die Getreidearten und der Lein, keine so wesentliche Abänderung in ihrem Produktionsvermögen bei verschiedener Bodentiefe hätten erfahren und andererseits die Leguminosen sich letzterer gegenüber nicht in solcher Weise indifferent hätten verhalten dürfen, wie dies in Wirklichkeit der Fall war. Man könnte vielleicht geneigt sein, die betreffenden auffälligen Resultate auf Unzulänglichkeiten in der Versuchsanordnung zurückzuführen mit dem Hinweis, daß dieselben zu jenen, welche bei verschieden tiefer Bodenbearbeitung ermittelt wurden, im Widerspruch stehen[1]), allein es bleibt hierbei zu berücksichtigen, daß diese Versuche mit einander gar nicht vergleichbar und daß die in dieser Richtung vielfach bestehenden Anschauungen durchaus unzulässig sind. Bei verschieden tiefer Bearbeitung ist die Mächtigkeit der Vegetationsschicht, in welcher sich die Wurzeln der Pflanzen ausbreiten können, die gleiche, d. h. es ist den letzteren die Möglichkeit gegeben, gleichviel wie tief die Lockerung der Ackerkrume vorgenommen wurde, auch in die nicht bearbeiteten Bodenschichten einzudringen; bei Versuchen, wie den vorliegenden, ist dagegen die Bodentiefe eine ungleiche, durch den unfruchtbaren Untergrund begrenzt, weshalb die Wachsthumsbedingungen ganz anderer Art sind wie im ersteren Fall.

Zur Erklärung der ermittelten Thatsachen könnte man zunächst daran denken, die verschiedene Menge von Nährstoffen in Anspruch zu nehmen, welche den Pflanzen bei verschiedener Mächtigkeit der Vegetationsschicht geboten wird. Diese Anschauung würde indessen den thatsächlichen Verhältnissen nicht entsprechen, weil, wie die mitgetheilten Zahlen darthun, die ungünstigen Fruchtbarkeitsverhältnisse des flachgründigen Bodens durch ergiebige Nährstoffzufuhr nicht beseitigt werden können und überdies die Düngung gerade auf dem tiefgründigen Boden sich am vortheilhaftesten gezeigt hat[2]). Zulässiger erscheint die Deutung, daß die Wurzelausbreitung um so vollkommener stattfinden kann, je mächtiger innerhalb gewisser Grenzen die Vegetationsschicht ist. Daß in diesem

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 63.

[2]) *H. Hellriegel.* Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig. 1883. S. 194—224.

Sinne auch die flachwurzelnden Gewächse (Getreidearten, Lein) beeinflußt werden, haben die oben mitgetheilten Zahlen mit genügender Sicherheit dargethan. Als ein weiteres wichtiges Moment kommt aber zweifelsohne die Wasserversorgung der Pflanzen in Betracht, die nicht allein eine um so bessere, sondern auch eine um so gleichmäßigere ist, je tiefer die Schicht, in welcher sich die Pflanzenwurzeln ausbreiten[1]).

Von besonderer Wichtigkeit erscheint die Thatsache, daß bei denjenigen Gewächsen, welche auf die Mächtigkeit der Vegetationsschicht durch entsprechende Erträge reagiren, die Düngung sich um so vortheilhafter erwiesen hatte, je günstiger die sonstigen Fruchtbarkeitsverhältnisse des Bodens waren. Es geht dies deutlich aus folgenden Zahlen hervor:

Versuch	Pflanze	Ernte	Mehrertrag (gr) pro 4 qm in Folge der Düngung Mächtigkeit der Ackerkrume 10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
I. 1889	Sommerraps	Körner Stroh und Spreu	41,3 70	84,5 210	101,5 370	120,7 270
II. 1890	Winterroggen	Körner Stroh und Spreu	13 60	58 150	108 330	146 390
II. 1890	Mais	Körner Stroh	49 290	181 360	304 600	434 880
II. 1890	Kartoffel	Knollenzahl Knollengewicht	33 810	37 1280	53 1640	77 2320
III. 1891	Erbse	Körner Stroh und Spreu	20 160	58 70	81 —	113 40
III. 1891	Lein	Körner Rohflachs	—9,5 260	—12,3 390	—47,0 450	—7,5 710
III. 1891	Runkelrübe	Wurzeln Blätter	1560 530	1390 860	2160 950	4200 1900
IV. 1892	Sommerroggen	Körner Stroh und Spreu	42 260	58 390	59 450	75 470
IV. 1892	Ackerbohne	Körner Stroh und Spreu	110 200	240 290	230 220	290 200

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 1.

Die aus diesen Daten sich ergebende, oben näher charakterisirte Thatsache liefert einen neuen Beweis dafür, daß die Wirkung der Düngung nicht allein von den chemischen, sondern auch von den sonstigen Eigenschaften des Bodens abhängig ist. Indem die Verminderung des Erdvolumens mit einer entsprechenden Beschränkung des Wurzelwachsthums an sich verknüpft ist, können die reichlich gebotenen Nährstoffmengen um so weniger zur Geltung kommen, je flachgründiger das Erdreich ist. Dazu kommt, daß gleichzeitig die Feuchtigkeitsmengen für die Ausnutzung der Dungstoffe sich maßgebend erweisen, und zwar dadurch, daß dieselben mit der Bodentiefe zunehmen und gleichsinnig nach dem an einer anderen Stelle entwickelten Produktionsgesetz die Wirkung der Nährstoffe erhöhen. Dafür, daß auch Nebenumstände mitbedingend für die einschlägigen Erscheinungen sein mögen, spricht die Möglichkeit einer Auswaschung von Nährstoffen in den Böden mit flacher Ackerkrume bei stärkeren atmosphärischen Niederschlägen.

Die schmetterlingsblüthigen Pflanzen zeigten ein wesentlich anderes Verhalten als die bisher in Betracht gezogenen Gewächse. Sieht man zunächst von den Ergebnissen der beiden Jahre 1896 und 1897, sowie von jenen ab, welche bei den Futtergewächsen ermittelt wurden, so ergiebt sich, daß die der Körnergewinnung wegen gebauten Leguminosen zwar einen mit der Mächtigkeit der Ackerschicht steigenden Ertrag aufzuweisen hatten, aber in einem ungleich geringeren Grade als die Cerealien, Oel-, Wurzel- und Knollenfrüchte. Diese Thatsachen werden durch folgende Relativzahlen, welche für die Körner, Knollen und Wurzeln berechnet sind, veranschaulicht:

Versuch	Pflanze	Verhältniß der Erträge Mächtigkeit der Ackerkrume			
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
II. 1890	Winterroggen, gedüngt	100	172,1	225,5	274,5
»	Mais, gedüngt . . .	100	195,1	251,9	342,6
»	Kartoffel, » . . .	100	128,1	167,2	192,6
III. 1891	Rübe, » . . .	100	137,4	192,8	234,9
IV. 1892	Leindotter, » . . .	100	138,5	172,2	203,6
III. 1891	Erbse, gedüngt . .	100	120,1	129,6	167,4
IV. 1892	Ackerbohne, » . .	100	121,4	130,9	139,4

Die der Futtergewinnung wegen kultivirten Schmetterlingsblüthler zeigen zwar wie die betreffenden Körnerfrüchte ein mit der Tiefe der Vegetationsschicht zunehmendes Produktionsvermögen im Anbaujahr, verhalten sich aber in den späteren Vegetationsepochen in dieser Hinsicht vollständig indifferent, insofern die Erträge einen Ausgleich erfahren. Deutlich treten die einschlägigen Erscheinungen in folgenden Zahlen hervor, welchen, um die Unterschiede noch deutlicher zu machen, die bezüglichen Werthe für das Gräsergemisch zugefügt sind.

Versuch	Pflanze	Verhältniß der Heuerträge Mächtigkeit der Ackerkrume			
		10 cm	20 cm	30 cm	40 cm
V. 1893	Gräsergemisch 1. Jahr	100	138,1	169,0	214,3
VI. 1894	» 2. »	100	114,4	127,6	172,4
VII. 1895	» 3. »	100	138,4	147,5	180,4
V. 1893	Rothklee 1. Jahr	100	136,9	173,1	240,0
VI. 1894	» 2. »	100	111,4	103,1	101,4
VI. 1894	Kleegras 1. »	100	140,0	156,5	175,1
VII. 1895	» 2. »	100	99,7	107,9	112,4
V. 1893	Luzerne 1. »	100	104,2	107,1	103,8
VI. 1894	» 2. »	100	114,8	119,8	120,0
V. 1893	Esparsette 1. »	100	135,4	166,9	186,6
VI. 1894	» 2. »	100	104,7	111,0	108,2

Die Gräser hatten sonach in allen drei Jahren ganz ausgesprochen um so höhere Ernten geliefert, je größer die Bodentiefe war, während bei den kleeartigen Gewächsen eine solche Gesetzmäßigkeit nur im ersten Jahre beobachtet werden konnte, in dem zweiten Jahr dagegen im Allgemeinen der Einfluß der Mächtigkeit der Ackerschicht sich nur in einem unbedeutenden Grade geltend machte.

Das eigenthümliche Verhalten der schmetterlingsblüthigen Gewächse, wie solches sich sowohl bei den Körnerfrüchten als auch bei den Futtergewächsen in diesen Versuchen in so eklatanter Weise gezeigt hat, wird aller Wahrscheinlichkeit nach auf die von *C. Kraus*[1]) gemachte Beobachtung zurückgeführt werden können, daß die Mehrzahl der in Rede stehenden Gewächse das Vermögen besitzt, ihre Seitenwurzeln kräftig zu entwickeln, falls die Hauptwurzeln am Fortwachsen in die

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XV. 1892. S. 257.

Tiefe gehindert sind und sich dadurch einer seichten Ackerkrume zu akkommodiren.

Wenn schon die zuletzt in Betracht gezogenen Thatsachen, insofern dieselben den zumeist verbreiteten Anschauungen über das Bewurzelungsvermögen der Leguminosen widersprechen, als auffallend bezeichnet werden könnten, so ist dies in einem noch viel höheren Grade der Fall angesichts der im Jahre 1896 und 1897 bei der Buschbohne, Lupine, Wicke und Linse ermittelten Resultate.

Bei den angeführten Pflanzen, gleichwie bei der nicht reif gewordenen Ackerbohne und weißen Lupine (1896), war zwar die Entwickelung der vegetativen Organe eine um so bessere, je tiefgründiger der Boden war, dagegen stand die Ausbildung der reproduktiven Organe (Samen) zur Bodentiefe in einem umgekehrten Verhältniß. In dem Betracht, daß diese merkwürdigen, von den in den Vorjahren beobachteten wesentlich abweichenden Erscheinungen gerade in den extrem nassen Jahren 1896 und 1897 auftraten, wird man zu der Annahme gedrängt, daß Unterschiede in der Feuchtigkeit des Erdreiches zur Erklärung der Ursachen fraglicher Resultate heranzuziehen seien. Dies erscheint insofern zulässig, als der Boden mit zunehmender Mächtigkeit entsprechend größere Wassermengen aufzunehmen vermag und bei anhaltendem Regenwetter in einem solchen Grade, daß eine mit der Bodentiefe wachsende Benachtheiligung der Körnerproduktion stattfindet. Wie nämlich aus verschiedenen Beobachtungen hervorgeht, wird bei einem gewissen größeren Wasservorrath im Boden zwar die Entwickelung der Stengel und Blätter gefördert, die Körnerbildung dagegen beeinträchtigt. Aus diesem Grunde wurden die Körnerernten in den beiden nassen Jahren in dem Maße gesteigert, je flachgründiger der Boden war, zumal derselbe unter den vorliegenden Versuchsbedingungen wegen Vorhandenseins eines durchlässigen Untergrundes in der gleichen Richtung vor Ansammlung größerer Wassermengen geschützt war.

III. Die Feinheit der Bodentheilchen.

In dieser Reihe wurden aus zwei Quarzsandsorten mit Hilfe von Sieben Kornsortimente von verschiedener Größe hergestellt, mit welchen durch starke Bretter hergestellte, mit einem durchlöcherten Boden versehene und auf einer freien Kiesfläche des Versuchsfeldes bis zum Rande

versenkte Kästen beschickt wurden. Letztere besaßen eine Tiefe von 25 cm und einen Querschnitt theils von 20 : 20 cm, theils von 30 : 30 cm. Sie waren in einer Reihe, in Abständen von 50 cm von einander in der angegebenen Weise aufgestellt. Vor der Saat wurde der Sand gedüngt mit einem Gemisch aus gleichen Theilen Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter in einer Menge entsprechend 800 kg pro ha.

Bei Beurtheilung der in Folgendem aufgeführten Versuchsergebnisse darf nicht außer Acht gelassen werden, daß in dem feinsten Sortiment die gröberen Bestandtheile von etwa 0,10—0,25 mm die Hauptmasse bildeten, während die feineren Partikel, unter 0,10 mm, wie solche in den Lehm-, Thon-, Kalkböden und ähnlichen Bodenarten vornehmlich an deren Zusammensetzung sich betheiligen, nur in minimalen Mengen vorhanden waren. Die vorliegenden Versuche geben mithin keinen Aufschluß über den Einfluß, welchen Böden von großer Feinkörnigkeit auf das Pflanzenwachsthum ausüben. Diesem Mangel konnte leider nicht abgeholfen werden, weil die benützten Sandsorten einen außerordentlich geringen Gehalt von feinsten Partikeln besaßen. Diese durch Benützung einer feinkörnigen Bodenart zu versetzen, erschien aber nicht räthlich, weil dadurch eine Verschiedenheit in der chemischen Beschaffenheit des Materials bedingt gewesen und eine Unsicherheit der Resultate hervorgerufen worden wäre.

Eine Zusammenstellung der Ergebnisse dieser Versuche befindet sich in den folgenden Tabellen:

Versuch I (1880).
Erbse.
Weißer Quarzsand.

Zahl der Pflanzen	Boden-fläche qcm	Ernte	I. 0,0–0,25 mm	II. 0,25–0,5 mm	III. 0,5–1 mm	IV. 1–2 mm	I–IV. gemischt
4	400	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**35** 40	**44** 50	**39** 44	**28** 32	**43** 48

Gelber Quarzsand.

Zahl der Pflanzen	Boden-fläche qcm	Ernte	I. 0,0–0,25 mm	II. 0,25–0,5 mm	III. 0,5–1 mm	IV. 1–2 mm	I–IV. gemischt
9	900	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	**92** 102	**74** 81	**32** 45	**16** 21	**78** 82

Versuch II (1888).

Gelber Quarzsand.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I. 0,0—0,25 mm	II. 0,25—0,5 mm	III. 0,5—1 mm	IV. 1—2 mm	V. 2—4 mm	VI. 4—6,75 mm	I—VI. (resp. I—IV.) gemischt
Sommer-roggen	9	900	Körnerzahl	285	217	115	111	87	74	231
			Körnergew. (gr)	**8,5**	**6,1**	**3,2**	**2,9**	**2,1**	**1,7**	**6,9**
			Stroh u. Spreu (gr)	54,0	25,5	24,8	12,0	6,0	6,7	29,1

Weißer Quarzsand.

Erbse	9	900	Körnerzahl	75	68	71	49	—	—	42
			Körnergew. (gr)	**29,2**	**26,0**	**20,1**	**17,0**	—	—	**16,2**
			Stroh u. Spreu (gr)	64,5	37,0	26,0	24,0	—	—	46,0

Versuch III (1887).

Gelber Quarzsand.

Sommer-roggen	9	900	Zahl der Halme	40	40	37	33	32	23	34
			Körner (gr)	**16,3**	**11,3**	**9,6**	**7,7**	**6,5**	**4,6**	**13,1**
			Stroh (gr)	39,9	27,0	24,0	17,9	15,7	12,8	28,0
			Spreu (gr)	2,4	1,5	1,2	0,9	1,1	0,6	2,3

Weißer Quarzsand.

Erbse	9	900	Körner (gr)	**23,7**	**20,8**	**14,9**	**8,4**	—	—	**3,9**
			Stroh u. Spreu (gr)	21,2	19,8	15,6	9,3	—	—	4,5
Kohl-rübe	1	900	Wurzeln (gr)	**200**	**290**	**250**	**201**	—	—	**80**
			Blätter (gr)	90	110	80	60	—	—	51

Versuch IV (1888).

Gelber Quarzsand.

Winter-roggen	9	900	Zahl der Halme	43	42	31	38	31	31	39
			» » Körner	419	288	279	260	201	144	204
			Körner (gr)	**9,5**	**6,3**	**5,8**	**5,5**	**4,3**	**3,4**	**4,5**
			Stroh u. Spreu (gr)	18,3	16,0	15,0	11,1	9,3	8,1	12,0
Erbse	9	900	Zahl der Körner	294	288	247	239	161	158	305
			Körner (gr)	**113,2**	**110,7**	**80,2**	**76,0**	**60,0**	**59,5**	**109,0**
			Stroh u. Spreu (gr)	109	112	134	139	79	78	128

Weißer Quarzsand.

Sommer-roggen	9	900	Zahl der Halme	22	24	25	29	—	—	27
			» » Körner	301	266	201	121	—	—	174
			Körner (gr)	**6,8**	**5,7**	**4,2**	**2,5**	—	—	**3,6**
			Stroh u. Spreu (gr)	13,2	9,9	8,0	5,2	—	—	5,6
Kar-toffel	1	900	Knollenzahl	7	9	8	7	—	—	4
			Knollengew. (gr)	**88**	**78**	**61**	**61**	—	—	**49**

Versuch V (1889).

Gelber Quarzsand.

Gedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I. 0,0—0,25 mm	II. 0,25—0,5 mm	III. 0,5—1 mm	IV. 1—2 mm	V. 2—4 mm	VI. 4—6,75 mm	I—VI. (resp. I—IV.) gemischt
Sommerroggen	9	900	Zahl der Halme	30	29	30	21	19	16	31
			» » Körner	511	252	246	142	90	80	269
			Körner (gr)	10,95	4,95	4,61	2,2	1,34	1,22	4,59
			Stroh u. Spreu (gr)	29,7	17,4	13,2	7,7	5,7	5,5	16,4

Ungedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I—VI.
Sommerroggen	9	900	Zahl der Halme	25	38	28	27	30	13	29
			» » Körner	178	129	129	87	72	29	99
			Körner (gr)	2,18	1,25	1,18	0,82	0,49	0,24	1,12
			Stroh u. Spreu (gr)	9,0	6,5	5,5	3,0	3,0	1,2	6,0

Weißer Quarzsand.

Gedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I—IV.
Erbse	9	900	Zahl der Körner	156	135	122	84	—	—	65
			Gew. d. Körner (gr)	48,0	42,2	33,2	26,6	—	—	22,2
			Stroh u. Spreu (gr)	65,2	48,5	47,5	37,0	—	—	35,0

Ungedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I—IV.
Erbse	9	900	Zahl der Körner	105	88	83	89	—	—	33
			Gew. d. Körner (gr)	39,5	29,5	29,2	21,7	—	—	6,5
			Stroh u. Spreu (gr)	52,0	44,5	42,2	29,0	—	—	15,7

Versuch VI (1890).

Gelber Quarzsand.

Gedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I—VI.
Kartoffel	1	900	Knollenzahl	15	18	11	11	8	9	13
			Knollengew. (gr)	129,0	122,1	110,5	90,0	87,4	67,5	120,0

Ungedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I—VI.
Kartoffel	1	900	Knollenzahl	7	4	4	5	4	5	5
			Knollengew. (gr)	62,1	55,5	56,0	49,0	43,0	38,7	60,0

Weißer Quarzsand.

Gedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I—IV.
Sommerroggen	9	900	Zahl der Halme	28	20	20	14	—	—	21
			» » Körner	195	141	113	57	—	—	145
			Körner (gr)	4,3	2,8	2,1	1,2	—	—	3,2
			Stroh u. Spreu (gr)	17,5	14,0	10,5	7,0	—	—	14,2

Ungedüngt.

Pflanze	Zahl d. Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	I—IV.
Sommerroggen	9	900	Zahl der Halme	36	33	21	18	—	—	29
			» » Körner	94	90	42	43	—	—	85
			Körner (gr)	2,0	1,5	1,0	0,8	—	—	1,6
			Stroh u. Spreu (gr)	9,0	7,9	5,2	3,1	—	—	7,9

Versuch VII (1891).
Weißer Quarzsand.
Gedüngt.

Pflanze	Zahl der Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I. 0,0—0,25 mm	II. 0,25—0,5 mm	III. 0,5—1 mm	IV. 1—2 mm	I—IV. gemischt
Sommerroggen	16	900	Zahl der Halme	46	41	38	35	42
			» » Körner	338	302	278	202	305
			Körner (gr)	7,0	5,9	4,8	3,9	5,8
			Stroh u. Spreu (gr)	20,0	18,4	14,7	11,7	16,0

Ungedüngt.

Pflanze	Zahl der Pflanzen	Bodenfläche qcm	Ernte	I.	II.	III.	IV.	I—IV.
Sommerroggen	16	900	Zahl der Halme	45	43	43	40	41
			» » Körner	170	118	100	71	108
			Körner (gr)	2,7	1,8	1,6	0,8	1,2
			Stroh u. Spreu (gr)	7,2	5,3	5,1	3,1	5,2

Aus vorstehenden Daten wird zunächst ersichtlich, daß innerhalb der hier gewählten Grenzen die Erträge der Pflanzen um so höher ausfielen, je feinkörniger der Boden war und daß in einem Gemisch der verschiedenen Kornsortimente im Allgemeinen die Ernten vergleichsweise eine mittlere Höhe erreichten.

Die betreffenden, zum Theil sehr erheblichen Unterschiede werden ohne Zweifel durch solche in dem Feuchtigkeitsgehalt der verschiedenen Versuchsmaterialien hervorgerufen. Es darf dies aus der an einer anderen Stelle angeführten Thatsache[1]), daß der Wassergehalt des Sandes in einem bedeutenden Grade mit der Feinheit des Kornes zunimmt, geschlossen werden dürfen. Die Pflanzen werden demgemäß in gleichem Sinne mit Wasser, welches sie in außerordentlichen Mengen bedürfen[2]), um so besser versorgt, je kleiner innerhalb gewisser Grenzen die Bodenpartikel sind. Von einem bestimmten Korndurchmesser ab wird aber bei weiterer Zunahme der Feinheit der Bodenelemente sich eine stetige Verminderung in den Erträgen bemerkbar machen müssen, weil unter solchen Verhältnissen der Wassergehalt des Erdreiches eine übermäßige Vermehrung, der Luftgehalt desselben eine schädliche Verminderung er-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 384.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 285.

führt, sowie die Widerstände, welche sich dem Wurzelwachsthum entgegenstellen, sich wesentlich vergrößern.

Dadurch, daß der Wassergehalt des Sandes in beträchtlichem Maße von der Feinheit des Kornes abhängig ist, wird die Wirkung der zugeführten Nährstoffe gleichergestalt durch die mechanische Zusammensetzung des Bodens abgeändert. Die Düngung kommt um so mehr zur Geltung, je feinkörniger der Sand ist und umgekehrt, wie aus folgenden Zahlen deutlich hervorgeht:

Versuch	Pflanze	Ernte	Ertragssteigerung (gr) durch die Düngung			
			Korngrößen (mm) des Sandes			
			0,0–0,25	0,25–0,5	0,5–1	1–2
V. 1889	Sommerroggen	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	8,77 20,7	3,70 10,9	3,43 7,7	1,38 4,7
VI. 1890	Sommerroggen	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	2,3 8,5	1,3 6,1	1,1 5,3	0,4 3,9
VII. 1891	Sommerroggen	Körner (gr) Stroh u. Spreu (gr)	4,3 12,8	4,1 13,1	3,2 9,6	3,1 8,6

IV. Die Farbe des Bodens.

Beobachtungen in der landwirthschaftlichen Praxis haben vielfach zu der Annahme geführt, daß in kälteren Klimaten die Entwickelung solcher Pflanzen, deren Vegetation einen hohen Wärmegrad beansprucht, durch eine dunkle Färbung des Bodens wesentlich gefördert werde, während in Gegenden von höherer Temperatur eine helle Färbung der Bodenoberfläche von Vortheil sei. Zur Begründung eines derartigen Einflusses der Farbe werden verschiedene Thatsachen angeführt.

Zu Freiburg in Sachsen gelang es *Lampadius*[1]), selbst in kühlen Sommermonaten Melonen, deren volle Entwickelung eine relativ hohe Temperatur bedingt, zur Reife zu bringen, wenn er den Boden mit einer ca. 2,5 cm hohen Schicht Kohlenpulver bedeckte.

Creuzé-Latouche[2]) beobachtete, daß die Weine der Loire, welche von rothem Kalkboden gezogen werden, schwerer seien als die von weißem Boden von sonst gleicher Beschaffenheit herstammenden.

[1]) *Johnson*. Wie die Feldfrüchte sich nähren. Braunschweig. 1872. S. 208.
[2]) *Gasparin*. Cours d'agriculture. 1843. T. I. p. 179.

De Gasparin[1]) will gefunden haben, daß bei gleichem Feuchtigkeitsgehalt die Feldfrüchte in rothem Kalkboden schneller reiften als in weißem.

Girardin[2]) bemerkte, daß der Zeitpunkt des Reifwerdens der Kartoffeln je nach der Farbe des Bodens von 8—14 Tagen wechselte, in specie, daß der Abschluß der Vegetation um so früher erfolge, je dunkler gefärbt das Kulturland sei.

In Belgien und am Rhein sucht man die Trauben dadurch zu einer früheren Reife zu bringen, daß man den Boden mit schwarzem Thonschiefer bedeckt.

De Saussure[3]) berichtet, daß die Bewohner von Chamounix auf ihre mit Schnee bedeckten Felder im Frühjahr Schieferstaub ausstreuen, um denselben in der Sonne rascher zum Schmelzen zu bringen.

In heißen Klimaten andererseits, wo für gewisse Kulturen eine niedrigere Bodentemperatur erwünscht ist, wird die dunkle Färbung des Bodens zur Erzielung bestimmter Produkte für ungeeignet gehalten. So wird berichtet[4]), daß in den Distrikten Spaniens, wo der Sherry-Wein gewonnen wird (Cadix), die Traube nur auf hellfarbigen Weinbergen gezogen werden könne, während sie in einiger Entfernung davon auf dunkleren schweren Böden ausarte.

Wenn zur Erklärung dieser verschiedenen Beobachtungen darauf hingewiesen wird, daß bei dunkler Färbung nicht allein eine schnellere Erwärmung der Böden eintrete, sondern auch diese die von der Sonne empfangene Wärme in höherem Grade zurückzuhalten vermöchten als bei heller Farbe, so ist dies insofern als zutreffend zu bezeichnen, als, abgesehen von Nebenumständen, nach den einschlägigen Versuchen des Referenten[5]) das Erdreich in der That bei dunkel gefärbter Oberfläche durchschnittlich wärmer ist als bei hell gefärbter.

Inwieweit durch die Farbe des Bodens das Produktionsvermögen der Nutzpflanzen beeinflußt werde, wurde durch eine Reihe von Versuchen

---

1) *Gasparin.* Cours d'agriculture. 1843. T. I. p. 162.

2) *Schumacher.* Die Physik in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Pflanzenphysiologie. 1864. Bd. I. S. 249.

3) *A. Mayer.* Lehrbuch der Agrikulturchemie. 1876. Bd. II. S. 119.

4) *Dickens.* Household words. 1858.

5) Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 43. — Bd. IV. 1881. S. 327.

festzustellen versucht, in welchen unter sonst gleichen Verhältnissen die Kulturen auf einem Boden ausgeführt wurden, der mit Hilfe von Steinkohlengrus oberflächlich theils schwarz und mit zerkleinertem karrarischen Marmor, theils weiß gefärbt worden war. Die Anwendung der färbenden Substanzen in Pulverform hatte sich nicht bewährt, weil diese in den Boden durch das in denselben eindringende Regenwasser eingeschlämmt wurden. Deshalb wurden dieselben in einer Korngröße von 2—6 mm benützt, die durch Siebe hergestellt wurde. Die betreffenden Parzellen wurden zunächst in gewöhnlicher Weise bearbeitet, ausnahmslos mit 500 kg (pro ha.) eines Düngergemisches gedüngt, welches Kali, Phosphorsäure und Stickstoff in einer leicht aufnehmbaren Form enthielt, dann besäet und nach Ebnung der Oberfläche mit je 2,5 Liter der Farbstoffe pro 4 qm gleichmäßig überstreut. Bei dem Anbau der Pflanzen wurde das Verfahren der Dibbelkultur zu dem Zweck gewählt, den Aufgang der Pflanzen feststellen zu können. Während der Vegetationszeit wurden alle aufsprießenden Unkräuter unter möglichster Schonung der Deckschicht durch Jäten entfernt.

Ueber die Details und die erzielten Resultate dieser Versuche geben die folgenden Tabellen Auskunft:

Versuch I (1877/78).

Winterroggen.

Größe der Parzelle: 4 qm. Standraum der Pflanzen: 20:20 cm. Zahl der Pflanzen: 100.
Saatzeit: 2. Oktober.

Aufgang der Pflanzen.
(Gesammtzahl der Pflanzen.)

Farbe des Bodens	Oktober															
	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.
schwarz	22	69	85	91	98	—	—	—	—	—	—	95	97	—	—	98
weiß	—	4	17	36	47	54	56	63	70	79	—	85	88	—	—	88

Ernte pro 100 Pflanzen.

Farbe des Bodens	Körner gr	Stroh und Spreu gr	100 gr Körner enthalten Stück
schwarz . . .	1267,3	2854	347
weiß	1044,5	2385	368

Versuch II (1880).

Erbse.

Größe der Parzelle: 1600 qcm. Zahl der Pflanzen: 25.

Farbe des Bodens	Ernte	
	Körner gr	Stroh gr
schwarz	163	195
weiß	147	172

Versuch III (1883).

Größe der Parzelle: 4 qm. Standraum der Pflanzen bei Sommerroggen, Erbsen und Bohnen: 20:20 cm, bei Kartoffeln und Rüben: 33,3 cm. Zahl der Pflanzstellen: 100 resp. 36.

Aufgang der Pflanzen.

(Gesammtzahl der Pflanzen.)

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai													
		3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12	13.	14.	15.	16.
Roggen	schwarz	16	63	94	98	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	5	13	63	87	—	91	—	93	—	94	—	—	—	—
Erbse	schwarz	—	—	16	56	59	69	72	82	85	86	—	—	—	—
	weiß	—	—	13	15	23	42	53	62	64	67	73	78	80	87
Ackerbohne	schwarz	—	—	—	—	—	39	88	97	99	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	14	68	95	—	99	—	—	—	—
Rübe	schwarz	—	—	—	—	—	24	35	36	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	5	23	34	35	36	—	—	—	—

Ernte.

Pro 100 Pflanzen bei Sommerroggen, Erbse und Ackerbohne; pro 36 Pflanzen bei Rüben und Kartoffeln.

Pflanze	Farbe des Bodens	Körner gr	Stroh gr
Sommerroggen	schwarz	763	1433
	weiß	542	989
Erbse	schwarz	918	2671
	weiß	765	2034
Ackerbohne	schwarz	1104	1625
	weiß	851	1362

Pflanze	Farbe des Bodens	Wurzeln gr	Blätter gr
Runkelrübe	schwarz	6700	2750
	weiß	5880	2470
		Knollenzahl	Knollengewicht gr
Kartoffel	schwarz	446	7753
	weiß	399	6574

Versuch IV (1884).

Größe der Parzelle: 4 qm.

	Zahl d. Pflanzen	Bodenraum pro Pflanze	Saatzeit	Erntezeit
Sommerroggen	100	20 : 20 cm	28./IV.	12./VIII.
Sommerraps	100	20 : 20 »	»	16./VIII.
Ackerbohne	100	20 : 20 »	»	28./IX.
Mais (Sekler)	16	50 : 50 »	26./IV.	7./X.
Rübe (Leutewitzer) . .	36	33 : 33 »	»	15./IX.
» (Selected Geant) . .	16	50 : 50 »	»	»
Kartoffel	25	40 : 40 »	28./IV.	20./IX.

Aufgang der Pflanzen.

(Gesammtzahl der Pflanzen.)

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai 6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.
Roggen	schwarz	2	67	96	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	1	63	93	—	94	—	—	—	—	—	—	—
Raps	schwarz	—	26	43	93	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	14	44	91	93	94	—	—	—	—	—	—
Ackerbohne	schwarz	—	—	—	—	—	13	75	89	92	93	—	—	94	96
	weiß	—	—	—	—	—	—	25	75	91	94	—	95	96	97
Mais	schwarz	—	—	—	—	7	14	—	15	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	—	2	14	—	15	—	—	—	—
Rübe (Leutewitzer)	schwarz	—	—	—	21	33	35	—	36	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	4	6	30	—	—	32	34	36	—	—
Rübe (Selected Geant)	schwarz	—	—	—	6	8	11	15	16	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	—	2	14	—	15	16	—	—	—

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai													
		15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.
Kartoffel	schwarz	—	—	2	5	13	18	23	—	24	25	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	1	6	11	16	18	21	—	23	24	25	—

Ernte.

Pro 100 Pflanzen bei Roggen, Raps und Bohnen; pro 16 Pflanzen bei Mais und engl. Rübe; pro 86 Pflanzen bei Leutewitzer Rübe; pro 25 Pflanzen bei Kartoffel.

Pflanze	Farbe des Bodens	Zahl der Halme	Körner gr	Stroh und Spreu gr
Roggen	schwarz . .	594	**561**	1100
	weiß	709	**670**	1209
Raps	schwarz . .	—	**428**	3300
	weiß	—	**419**	3210
Ackerbohne	schwarz . .	—	**777**	2290
	weiß	—	**656**	2320

Pflanze	Farbe des Bodens	Zahl der Kolben			Körner gr	Stroh	
		reife	unreife	Summa		Stengel u. Blätter gr	Kolben gr
Mais	schwarz . .	21	7	28	**648**	1490	363
	weiß	7	16	23	**183**	1240	103

Pflanze	Farbe des Bodens	Wurzeln resp. Kollen gr	Blätter gr
Rübe (Leutewitzer)	schwarz	**20370**	9120
	weiß	**17650**	9020
Rübe (Selected Geant)	schwarz	**3220**	950
	weiß	**2620**	870
			Knollenzahl
Kartoffel	schwarz	**6030**	423
	weiß	**4876**	332

Versuch V (1898).

Größe der Parzellen: 4 qm.

	Zahl der Pflanzen	Bodenraum pro Pflanze	Saatzeit	Erntezeit
Sommerroggen	169	15 : 15 cm	26./IV.	11./VIII.
Hafer	169	„	„	14./VIII.
Sommerraps	169	„	„	18./VIII.
Leindotter	169	„	„	30./VII.
Ackerbohne	100	20 : 20 cm	28./IV.	12./IX.
Buschbohne	100	„	„	22./VIII.
Lupine, weiße	100	„	16./V.	3./X.
Erbse	100	„	28./IV.	10./VIII.
Runkelrübe	25	40 : 40 cm	„	29./IX.
Kartoffel	25	„	„	1./X.
Mais	36	33 : 33 cm	„	27./IX.
Sonnenblume [1])	66	„	29./IV.	14./IX.

Aufgang der Pflanzen.
(Gesammtzahl der Pflanzen.)

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai													
		1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.	12.	13	14.	15.	16.
Roggen	schwarz	92	157	163	164	—	—	166	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	7	57	157	161	—	—	162	163	—	—	—	—	165	—
Hafer	schwarz	—	—	5	19	111	158	165	166	—	—	168	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	7	27	108	128	156	—	165	—	167	—
Raps	schwarz	—	—	—	—	—	—	—	—	—	111	164	169	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	64	155	164	169
Leindotter	schwarz	—	—	—	—	—	—	—	—	59	165	166	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	—	—	—	6	21	147	154	158	163
		12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23	24.	25.
Ackerbohne	schwarz	—	26	48	99	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	4	11	42	98	100	—	—	—	—	—	—	—	—
Buschbohne	schwarz	—	—	—	2	10	46	81	95	—	98	—	—	—	99
	weiß	—	—	—	—	1	7	26	76	90	—	93	99	100	—
Erbse	schwarz	47	81	94	99	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	15	39	82	92	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Mais	schwarz	—	—	1	6	34	36	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	1	10	34	36	—	—	—	—	—	—	—
Sonnenblume	schwarz	—	—	44	47	66	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	3	43	57	66	—	—	—	—	—	—	—	—
Rübe	schwarz	9	14	24	25	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	6	19	24	25	—	—	—	—	—	—	—	—

[1]) Bei der Sonnenblume hatten die Parzellen eine Größe von 6,6 qm.

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai														Juni			
		18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.	26.	27.	28.	29.	30.	31.	1.	2.	3.	4.
Lupine	schwarz	—	—	—	—	6	—	79	89	94	—	96	—	—	97	100	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	—	60	76	83	92	95	—	97	—	—	—	—	98
Kartoffel	schwarz	2	5	8	11	15	18	—	23	—	24	—	—	—	—	25	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	2	4	7	11	12	13	15	17	20	—	21	23	24	25

Ernte,
berechnet für die Zahl der Pflanzen der Aussaat.

Pflanze	Farbe des Bodens	Ernte		Bemerkungen
		Körner gr	Stroh und Spreu gr	
Roggen	schwarz weiß	1050,0 1076,5	1860 1870	—
Hafer	schwarz weiß	593,4 641,0	2040 2250	—
Raps	schwarz weiß	396,6 499,6	3540 2850	—
Leindotter	schwarz weiß	413,0 483,0	1430 1790	—
Ackerbohne	schwarz weiß	783,5 960,0	1890 1820	—
Buschbohne	schwarz weiß	987,5 771,4	1360 1470	—
Lupine	schwarz weiß	1090,0 806,1	2600 2240	—
Erbse	schwarz weiß	809,0 966,5	1810 1890	—
Mais	schwarz weiß	3520 2460	9900 8520	Kolben 64, Kolbenstroh 1920 gr » 52, » 1240 »
Sonnenblume	schwarz weiß	2880 2530	27780 23710	—
		Wurzeln	Blätter	
Rübe	schwarz weiß	14070 11720	6500 6050	—

Pflanze	Farbe des Bodens	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (gr)			
		große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Kartoffel	schwarz	28	73	60	161	3100	4260	970	8330
	weiß	15	44	109	168	1900	3130	2780	7810

Versuch VI (1894).

Größe der Parzellen: 4 qm.

	Zahl der Pflanzen	Bodenraum pro Pflanze	Saatzeit	Erntezeit
Sommerweizen	169	15 : 15 cm	22./IV.	28./VIII.
Gerste	169	»	»	7./VIII.
Sommerraps	100	20 : 20 cm	»	27./VIII.
Leindotter	169	15 : 15 cm	»	6./VIII.
Ackerbohne	100	20 : 20 cm	22./IV.	1./IX.
Buschbohne	100	»	»	1./IX.
Platterbse	100	»	»	11./IX.
Mais	25	40 : 40 cm	2./V.	1./X.
Sonnenblume	25	»	»	3./X.
Runkelrübe	25	»	22./IV.	1./X.
Kartoffel	25	»	»	1./X.

Aufgang der Pflanzen.
(Gesammtzahl der Pflanzen.)

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai													
		1.	2.	3.	4	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Weizen	schwarz	—	—	—	51	140	156	168	—	169	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	17	59	163	168	—	169	—	—	—	—
Gerste	schwarz	—	—	—	23	98	129	169	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	2	15	128	160	166	167	—	—	—	—
Raps	schwarz	—	—	—	83	95	97	99	—	—	—	—	100	—	—
	weiß	—	—	—	30	65	92	—	97	—	—	99	—	—	—
Leindotter	schwarz	152	167	—	—	—	168	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	41	141	152	167	169	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Ackerbohne	schwarz	—	—	—	—	—	—	—	—	14	84	98	—	—	100
	weiß	—	—	—	—	—	—	—	—	—	24	68	91	99	100
Platterbse	schwarz	—	—	—	—	—	—	59	96	99	—	—	—	100	—
	weiß	—	—	—	—	—	—	7	47	83	99	100	—	—	—
Rübe	schwarz	—	—	—	—	—	—	—	—	25	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	—	—	—	—	13	24	25	—	—	—

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai												
		12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
Buschbohne	schwarz	—	4	25	37	68	87	91	97	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	2	13	36	58	83	—	85	88	89
Mais	schwarz	—	—	1	9	23	25	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	—	1	13	23	24	—	—	25	—	—
Sonnenblume	schwarz	11	24	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	3	12	23	24	—	25	—	—	—	—	—	—
Kartoffel	schwarz	—	1	5	13	16	19	25	—	—	—	—	—	—
	weiß	—	—	—	2	5	11	16	19	—	—	20	23	25

Ernte,
berechnet für die Zahl der Pflanzen der Aussaat.

Pflanze	Farbe des Bodens	Körner gr	Stroh und Spreu gr	Bemerkungen
Weizen	schwarz weiß	588,8 543,1	1510 1450	—
Gerste	schwarz weiß	474,2 412,0	1200 950	—
Raps	schwarz weiß	320,7 256,0	2600 2380	—
Leindotter	schwarz weiß	289,0 261,1	998,0 843,0	—
Ackerbohne	schwarz weiß	1180,0 1010,0	2600 2710	—
Buschbohne	schwarz weiß	1290,0 1110,0	1100 1060	—
Platterbse	schwarz weiß	308,6 289,0	3000 2850	—
Sonnenblume	schwarz weiß	3607,0 3120,0	36570 41340	Blüthenköpfe reif 28, unreif 65 » » 26, » 23
		Kolben grün	Stroh halbtrocken	—
Mais unreif	schwarz weiß	3920 3270	6050 5650	26 Kolben 24 »

Pflanze	Farbe des Bodens	Wurzeln gr	Blätter gr
Rübe	schwarz . . . . weiß	8760 8000	6160 4240

Pflanze	Farbe des Bodens	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (gr)			
		große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Kartoffel	schwarz weiß	13 6	56 51	359 371	428 428	1190 650	2800 2140	4150 4570	8140 7360

Versuch VII (1895).

Größe der Parzellen: 4 qm.

	Zahl der Pflanzen	Bodenraum pro Pflanze	Saatzeit	Erntezeit
Buschbohne	—	(25 cm Reihenentfernung)	8./V.	31./VIII.
Mais	25	40 : 40 cm	»	27./IX.
Sonnenblume	25	»	»	17./IX.
Mohn	—	(25 cm Reihenentfernung)	»	12./IX.

Aufgang der Pflanzen.
(Gesammtzahl der Pflanzen.)

Pflanze	Farbe des Bodens	Mai								
		17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.	25.
Mais	schwarz weiß	1 —	2 —	3 —	5 1	12 4	16 14	21 22	25 23	— 25
Sonnenblume	schwarz weiß	8 —	10 2	15 5	17 11	19 16	20 21	23 23	— 24	25 25

Pflanze	Farbe des Bodens schwarz	Farbe des Bodens weiß
Buschbohne	26. Mai	31. Mai
Mohn	24. »	27. » .

Ernte,
berechnet für die Zahl der Pflanzen der Aussaat.

Pflanze	Farbe des Bodens	Körner gr	Stroh und Spreu gr	Bemerkungen
Busch-bohne	schwarz weiß	1800 1602	1540 1450	—

Pflanze	Farbe des Bodens	Körner gr	Stroh und Spreu gr	Bemerkungen
Mais	schwarz weiß	1290 670	2300 1800	Kolben 25, Kolbenstroh 760 gr » 18, » 580 »
Sonnen-blume	schwarz weiß	1240 910	22940 [1]) 16130	Köpfe reif 30, unreif 43 » » 26, » 20
Mohn	schwarz weiß	460,5 412,0	2240 2430	—

Aus vorstehenden Zahlen läßt sich ersehen,

1) daß die Keimung der Pflanzen bei dunkel gefärbter Oberfläche des Bodens schneller und gleichmäßiger erfolgt als bei heller;
2) daß das Ertragsvermögen der Pflanzen zwar bei dunkler Farbe des Erdreiches im Großen und Ganzen ein höheres ist als bei heller, daß aber unter Umständen die entgegengesetzten Erscheinungen sich geltend machen können.

Die ad 1 charakterisirten Gesetzmäßigkeiten lassen sich in einfacher Weise darauf zurückführen, daß das Erdreich sich um so stärker erwärmt und demgemäß dem Keimprozeß in um so höherem Grade Vorschub leistet, je dunkler seine Farbe ist, und umgekehrt. Die betreffenden Unterschiede in der Bodentemperatur erweisen sich auch in den späteren Vegetationsstadien von Einfluß, nämlich so lange, als die Sonnenstrahlen zu dem Boden gelangen können, d. h. die Gewächse den Boden nicht vollständig beschatten. Indem die Bedeckung des Erdreiches, je nach der Wachsthumsenergie und der Standdichte der Pflanzen eine verschiedene ist, muß nothwendigerweise auch der Einfluß der Bodenfarbe sich in verschiedenem Grade äußern. Pflanzen, welche späterhin den Boden dicht beschatten, werden nur in den vorangegangenen Entwickelungsstadien, solche, welche bei einem weiteren Stande kultivirt werden, bis zum Abschluß der Vegetation durch die Farbe des Erdreiches beeinflußt. Unter gewöhnlichen Verhältnissen sind zu ersteren die Getreidearten, Hülsen- und Oelfrüchte, zu letzteren der Mais, die Knollen- und Wurzelgewächse, die Sonnenblume zu rechnen. In vorliegenden Versuchen

[1]) Grün.

dürften sich insofern hiervon einige Abweichungen ergeben, als auch die Pflanzen ersterer Kategorie bei einem lichteren Stande kultivirt wurden, um deren erste Entwickelung bestimmen zu können. Immerhin war auch bei diesen Gewächsen, namentlich bei den Hülsen- und Oelfrüchten von einem mittleren Stadium ab die Beschattung des Bodens eine derartige, daß die Farbe desselben von da ab nicht mehr zur Wirkung kommen konnte.

Wie die mitgetheilten Daten darthun, war nun bei den im weiteren Stande angebauten Pflanzen (Rüben, Kartoffeln, Mais, Sonnenblume) der Einfluß der dunklen Farbe des Bodens ausnahmslos ein günstiger, während bei den übrigen Gewächsen dies nur in den Jahren 1878, 1880, 1883 und 1894 der Fall war, in den Jahren 1884 und 1893 die Ernteergebnisse sich aber zu Gunsten des hell gefärbten Erdreiches stellten. Diese auffälligen Unterschiede beruhen auf solchen in den jeweiligen Witterungszuständen und in den durch letztere hervorgerufenen Feuchtigkeitszuständen des Ackerlandes. Wie nämlich bei einer anderen Gelegenheit[1]) gezeigt wurde, verdunstet der Boden um so größere Wassermengen, je dunkler gefärbt er ist. Wenn daher die Niederschläge spärlich sind wie in den Frühlingsmonaten der Jahre 1884 und 1893, so sinkt der Feuchtigkeitsgehalt des dunkel gefärbten Bodens in einer solchen Weise, daß die höhere Temperatur desselben nicht zur Wirkung kommen kann und die Entwickelung der Pflanzen beeinträchtigt wird, wohingegen den Gewächsen des hellen Erdreiches genügende Mengen von Wasser zur Verfügung stehen. Dafür, daß in den angezogenen Jahren die Rüben, Kartoffeln, Mais und Sonnenblume in ihrem Ertragsvermögen auf dem dunklen Boden nicht Einbuße erlitten, spricht der Umstand, daß, wie oben dargethan wurde, bei diesen wegen weiteren Standes die Farbe des Erdreiches in späteren Stadien der Entwickelung, in welchen ergiebige Niederschläge erfolgten, zu ungleich größerer Wirkung hinsichtlich der Bodenerwärmung gelangen und die Schädigung des Wachsthums während der Trockenperiode beseitigt werden konnte. In den mit hinreichenden Niederschlägen ausgestatteten Jahren 1878, 1880, 1883 und 1894 war das Erdreich gut durchfeuchtet, derart, daß die durch die Farbe der Oberfläche bedingten Temperaturunterschiede in dem Ertragsvermögen der Pflanzen zum vollen Ausdruck gelangen konnten.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 386.

In gleicher Weise wie die Quantität der gewonnenen Produkte wird deren Qualität in dem Falle erhöht, wo die dunkle Farbe sich von nützlicher Wirkung erweist und zwar in Folge einer besseren Ausbildung der reproduktiven Organe.

Im Uebrigen machen die angeführten Versuchsergebnisse es wahrscheinlich, daß für die Beeinflussung der Ernten durch die Farbe des Bodens das Wärmebedürfniß der verschiedenen Species belangreich sei, indem besonders solche Pflanzen, welche, wie die Buschbohne, Lupine, der Mais, die Sonnenblume, der Mohn, höhere Ansprüche an die Wärme stellen, bei dunkler Farbe in stärkerem Grade in ihrem Wachsthum gefördert werden als die Gewächse kälterer Klimate. Dies ist selbst dann der Fall, wenn die Bodenfeuchtigkeit in Folge von Trockenheit vermindert ist (Versuch V. 1893).

Aus solchen, wie den vorstehenden Darlegungen wird im Allgemeinen gefolgert werden dürfen, 1) daß das Wachsthum der Pflanzen bei genügendem Feuchtigkeitsvorrath um so mehr gefördert ist, je dunkler die Farbe des Bodens, 2) daß diese Wirkungen um so stärker hervortreten, je lichter die Pflanzen stehen und je größer deren Wärmebedürfniß ist, 3) daß der Einfluß der Farbe des Bodens bei mangelnder Feuchtigkeit bei den dichter angebauten und mit geringeren Ansprüchen an die Wärme ausgestatteten Pflanzen verschwindet oder sich um so günstiger gestaltet, je heller das Erdreich gefärbt ist.

Inwieweit diese Sätze zur Beurtheilung der Wachsthumsverhältnisse in der Natur verwerthbar erscheinen, wird füglich insofern nicht unerörtert bleiben dürfen, als die Kulturböden nicht, wie in vorliegenden Versuchen, eine künstliche Farbe erhalten, sondern ihre diesbezüglichen Eigenschaften der Beimengung gewisser Bestandtheile, unter welchen die Humusstoffe und die Eisenverbindungen die erste Stelle einnehmen, verdanken. Die durch diese Substanzen dem Erdreich ertheilte dunklere Färbung wird sicherlich den in vorliegenden Versuchen hervorgetretenen Einfluß auf die Pflanzen ausüben, so lange die übrigen physikalischen Eigenschaften des Bodens durch die bezeichneten Gemengtheile keine wesentliche Abänderung erfahren. Werden jedoch durch die färbenden Substanzen größere Unterschiede in dem Verhalten des Bodens zur Wärme und zum Wasser hervorgerufen, so kann der Einfluß der Farbe nicht

allein vermindert, sondern vollständig beseitigt werden. Dies gilt hauptsächlich vom Humus, der in größerer Menge dem Boden beigemischt, demselben zwar eine dunkle Farbe ertheilt, aber einer stärkeren Erwärmung desselben wegen seines verhältnißmäßig geringen Wärmeleitungsvermögens hinderlich ist. Nach alledem werden diejenigen Böden im Naturzustande am meisten in der geschilderten Weise von einer dunkleren Farbe profitiren, bei welchem relativ geringe Mengen von Humus und Eisen zur Hervorbringung der günstigen Farbe erforderlich sind. In dieser Beziehung zeigen die mineralischen Bodenkonstituenten große Verschiedenheiten. So genügt bei Sandböden schon ein Gehalt von 0,2 bis 0,3 % humoser Stoffe und von 1 % Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat, um bereits im lufttrockenen Zustande[1]) eine graue resp. rothe oder braune Farbe herbeizuführen, während bei Thonböden erst bei einer viel stärkeren Beimischung (2—5 % Humus, 5—10 % Eisenoxyd oder Eisenoxydhydrat) die gleiche Farbe hervortritt. Die Ursache hiervon beruht hauptsächlich darauf, daß die Mischung der Böden mit den betreffenden färbenden Substanzen um so inniger ist, je feinkörniger dieselben sind.

V. Die Bodenarten.

Zur Feststellung des Einflusses, den die physikalische Beschaffenheit des Erdreiches auf das Ertragsvermögen der Pflanzen ausüben kann, wurden vier Bodenarten benutzt, welche als Repräsentanten der Bodenkonstituenten betrachtet werden können, nämlich: Lehm (Thon) zur Herstellung von Ziegeln in Berg am Laim verwendet, Quarzsand (Sand) aus der Nürnberger Gegend, Kalksand (Kalk) aus der Isar mit 84,6 % kohlensaurem Kalk und Torf (Humus) aus dem Niederungsmoor in Schleißheim bei München. Diese Böden wurden in Kästen gefüllt, welche aus starken Holzrahmen hergestellt und bis 2 cm vom Rande auf einer Kiesfläche des Versuchsfeldes in gleichmäßigen Abständen von 1,2 m versenkt waren. Indem diese Kästen keinen Boden besaßen, ruhte das Versuchsmaterial direkt auf dem durchlässigen, aus Schotter bestehenden Untergrunde. Der quadratische Querschnitt der Versuchskästen betrug 2 qm, die Tiefe derselben 27 cm. Die Bodenschicht erhielt eine Mächtigkeit von 25 cm. Vom Jahre 1886 ab wurden zwölf Parzellen einge-

[1]) Im feuchten Zustande nehmen die Böden eine nach Maßgabe des Wassergehaltes dunklere Farbe an.

richtet, welche theils mit Lehm (L), Quarzsand (Q) und Torf (T), theils mit deren dem Volumen nach hergestellten Gemischen beschickt waren.

Um die zwischen den Erdarten bestehenden chemischen Unterschiede thunlichst auszugleichen, erhielten die Böden im Jahre 1885 eine Zufuhr von 1 kg kohlensaurem Kalk (5000 kg pro ha). Von 1886 ab, wo die ausführlicheren Versuche ihren Anfang nahmen, erhielt jede Parzelle alljährlich vor dem Umgraben, sowie nach der darauf erfolgten Ebnung eine Düngung von je 150 gr, also im Ganzen von 300 gr (1500 kg pro ha) eines künstlichen Düngemittels, welches sämmtliche Pflanzennährstoffe enthielt. Bis zum Jahre 1890 wurde hierbei Fäkalguano aus der Fabrik von v. Podewils in Augsburg, von da ab ein Gemisch aus gleichen Theilen Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter benutzt.

Während der Vegetationszeit wurden die Pflanzenreihen behackt und gejätet.

Bezüglich der Ergebnisse dieser Versuche sind die folgenden Tabellen zu vergleichen:

Versuch I (1883).

Körnerfrüchte gedrillt in 20 cm Reihenentfernung. Standraum der Kartoffeln: 35 : 35 cm. Zahl der Pflanzen bei letzteren: 16.

Pflanze	Ernte	Lehm	Kalksand	Quarzsand	Torf
Winterroggen	Körner (gr)	**512,6**	**456,0**	**371,6**	**699,2**
	10 gr Körner enthalten Stück	378	383	371	363
	Stroh und Spreu (gr)	1061	1014	746	1427
Ackerbohne	Körner (gr)	**470**	**470**	**330**	**700**
	100 gr Körner enthalten Stück	188	191	210	185
	Stroh und Spreu (gr)	760	930	640	970
Sommerraps	Körner (gr)	**122,7**	**137,0**	**63,3**	**142,0**
	Stroh und Spreu (gr)	890,5	1009,5	450,0	1126,0
Kartoffel	Knollenzahl	207	157	129	268
	Knollengewicht (gr)	**3164**	**2396**	**2203**	**4174**

Versuch II (1884).

Roggen gedrillt in 20 cm Reihenentfernung. Standraum des Mais und der Rüben: 35 : 35 cm. Zahl der Pflanzen bei letzteren: 16.

Sommerroggen	Körner (gr)	**481**	**411**	**426**	**612**
	Stroh und Spreu (gr)	1030	1000	1130	1170

Pflanze	Ernte	Lehm	Kalksand	Quarzsand	Torf
Mais	Reife Kolben	4	1	4	14
	Unreife Kolben	3	4	—	5
	Körner (gr)	**197**	**25**	**54**	**763**
	100 gr Körner enthalten Stück	374	380	405	293
	Stroh (gr)	1870	1230	1020	3630
	Kolbenstroh (gr)	180	30	70	1340
Runkelrübe	Wurzeln (gr)	**3240**	**1120**	**1220**	**5190**
	Blätter (gr)	1150	320	640	1790
Kohlrübe	Wurzeln (gr)	**3830**	**2490**	**3710**	**5800**
	Blätter (gr)	540	310	710	1080

Versuch III (1889).

Standraum der Pflanzen: 35 : 35 cm. Zahl der Pflanzen: 16.

Kohlrübe	Wurzeln (gr)	**2270**	**1440**	**120**	**4250**
	Blätter (gr)	460	260	60	800

Versuch IV (1886).

Sommerroggen.

Standraum der Pflanzen: 11,5 : 11,5 cm. Zahl der Pflanzen: 100.

Ernte	L	3 L 1 S	2 L 2 S	1 L 3 S	S	3 S 1 T	2 S 2 T	1 S 3 T	T	3 T 1 L	2 T 2 L	1 T 3 L
Zahl d. Halme	280	401	488	560	473	561	497	526	633	532	322	309
Körner (gr)	**134,1**	**183,9**	**255,9**	**282,2**	**247,6**	**269,2**	**278,2**	**295,6**	**309,2**	**315,2**	**217,4**	**180,5**
Stroh u. Spr. (gr)	522	683	748	869	779	830	881	886	923	847	708	629

Versuch V (1887).

Kartoffel.

Standraum der Pflanzen: 47 : 47 cm. Zahl der Pflanzen: 9.

Knollenzahl	114	117	93	99	77	98	100	112	120	113	114	93
Knollengw. (gr)	**3340**	**3220**	**2690**	**2030**	**1450**	**1740**	**2050**	**3140**	**3340**	**3140**	**3400**	**3140**
Spez. Gew. der Knollen	1,099	1,097	1,095	1,099	1,104	1,097	1,094	1,094	1,088	1,095	1,099	1,101
Stärkegeh. der Knollen (%)	17,9	17,5	17,1	17,9	19,0	17,5	16,9	16,9	15,6	17,1	17,9	18,4

Versuch VI (1888).

Sommerraps.

Gedrillt in 25 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**213**	**219**	**269**	**302**	**229**	**228**	**295**	**296**	**248**	**240**	**192**	**184**
Stroh (gr)	890	950	1170	1120	1110	1030	1170	1350	1200	960	910	740
Spreu (gr)	400	310	340	440	410	500	450	410	420	350	330	330

Versuch VII (1889).

Runkelrübe.

Standraum der Pflanzen: 35 : 35 cm. Zahl der Pflanzen: 16.

Ernte	L	3 L 1 S	2 L 2 S	1 L 3 S	S	3 S 1 T	2 S 2 T	1 S 3 T	T	3 T 1 L	2 T 2 L	1 T 3 L
Wurzeln (gr)	**3270**	**3060**	**2920**	**630**	**330**	**2070**	**2920**	**3510**	**4820**	**4250**	**3580**	**3240**
Blätter (gr)	950	940	870	300	190	530	1080	1220	1480	1210	1170	1030

Versuch VIII (1890).

Sommerroggen.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**228,0**	**272,7**	**308,9**	**322,0**	**321,0**	**324,0**	**344,5**	**371,6**	**384,9**	**420,3**	**347,4**	**244,5**
Stroh u. Spr. (gr)	910	1070	1160	1140	1220	1240	1380	1370	1480	1530	1340	1090

Versuch IX (1892).

Weiße Lupine (L. albus).

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**250**	**890**	**1250**	**800**	**660**	**610**	**620**	**550**	**490**	**570**	**510**	**360**
Stroh u. Spr. (gr)	710	1600	3080	1780	1630	1900	1650	1400	1370	1320	1300	1060

Versuch X (1893).

Mais.

Standraum der Pflanzen: 24 : 24 cm. Zahl der Pflanzen: 36.

Zahl d. Kolben	31	26	30	20	14	26	44	36	56	40	46	36
Körner (gr)	**358**	**294**	**240**	**192**	**120**	**398**	**1110**	**760**	**540**	**980**	**760**	**570**
Stroh u. Spr. (gr)	3190	2910	2550	2050	1320	2020	3150	3700	3960	4340	3900	3720
Kolbenstr. (gr)	210	170	180	100	80	120	580	470	500	440	400	270

Versuch XI (1894).

Erbse.

Gedrillt in 14 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**360,5**	**531,7**	**540,0**	**450,3**	**410,0**	**450,0**	**469,8**	**500,5**	**471,0**	**520,2**	**502,2**	**570,4**
Stroh u. Spr. (gr)	1010	1040	960	900	910	1030	1000	1180	1110	1010	1190	1130

Versuch XII (1895).

Kohlrübe.

Standraum der Pflanzen: 36 : 36 cm. Zahl der Pflanzen: 16.

Wurzeln (gr)	**2580**	**2550**	**2330**	**1350**	**650**	**1550**	**3200**	**5540**	**5390**	**4600**	**3830**	**3300**
Blätter (gr)	510	710	520	430	280	450	920	1090	960	900	700	620

Versuch XIII (1896).

Leindotter.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Ernte	L	3 L 1 S	2 L 2 S	1 L 3 S	S	3 S 1 T	2 S 2 T	1 S 3 T	T	3 T 1 L	2 T 2 L	1 T 3 L
Körner (gr)	**42,6**	**33,3**	**29,1**	**7,8**	**15,0**	**72,0**	**132,3**	**177,0**	**206,4**	**249,0**	**93,9**	**71,4**
Stroh u. Spr. (gr)	288	198	193	136	96	258	575	821	740	960	480	401

Versuch XIV (1897).

Kleegrasgemisch.

Breitwürfig gesäet.

Ernte	L	3 L 1 S	2 L 2 S	1 L 3 S	S	3 S 1 T	2 S 2 T	1 S 3 T	T	3 T 1 L	2 T 2 L	1 T 3 L
Grüne Masse (gr) 1. Schnitt	9250	8470	7650	5980	4320	4520	4900	6290	9070	8920	8410	8900
Grüne Masse (gr) 2. Schnitt	3090	3030	3210	2840	2280	2520	2720	2780	2410	2570	2630	2880
Summa:	**12340**	**11500**	**10860**	**8820**	**6600**	**7040**	**7620**	**9070**	**11480**	**11490**	**11040**	**11780**
Lufttr. Masse (gr) 1. Schnitt	1320	1230	1190	1100	940	1010	1070	1320	1310	1190	1230	1270
Lufttr. Masse (gr) 2. Schnitt	560	595	640	530	500	530	590	650	450	500	530	570
Summa:	**1880**	**1825**	**1830**	**1630**	**1440**	**1540**	**1660**	**1950**	**1760**	**1690**	**1760**	**1840**

Bei Durchsicht dieser Zahlen erkennt man deutlich,

1) daß bei annähernd gleicher chemischer Zusammensetzung im Allgemeinen die höchsten Erträge von dem Torf (Humus), die geringsten von dem Quarzsand (Sand) geliefert wurden, während der Lehm (Thon) in dieser Beziehung in der Mitte stand[1]);

2) daß die Bodengemische zwar zum Theil eine ihrer Zusammensetzung entsprechende Produktionsfähigkeit nach Maßgabe derjenigen der Gemengtheile besaßen, daß dieselben aber meist hinsichtlich der Ernten der auf ihnen angebauten Pflanzen den unveränderten Bodenarten, aus welchen sie hergestellt, überlegen waren.

---

[1]) Bei dem Kalksand fielen die Erträge sehr verschieden aus, im Allgemeinen jedoch so, daß derselbe zwischen Lehm und Quarzsand rangirte.

Die ad 1) geschilderten Gesetzmäßigkeiten lassen sich nicht aus einer, sondern nur aus verschiedenen Ursachen erklären.

Die geringe Ertragsfähigkeit des Sandes trotz reichlicher Düngung beruht hauptsächlich darauf, daß dieser Bodenart die zur Erzielung von Maximalernten erforderliche Feuchtigkeit mangelt. In Folge dessen können die sonstigen günstigen physikalischen Eigenschaften, wie z. B.: die lockere Beschaffenheit und die höhere Temperatur, nicht zur Wirkung gelangen. Dazu kommt, daß in dieser Bodenart wegen großer Durchlässigkeit für Wasser mehr oder weniger bedeutende Mengen von leicht löslichen Pflanzennährstoffen durch Auswaschung verloren gehen.

In dem Lehm werden zwar den Pflanzen reichliche Wassermengen geboten, auch ist bei dieser Bodenart, in welcher die Absickerung des Wassers in die Tiefe nur in einem verhältnißmäßig geringen Grade erfolgt, der Verlust an Nährstoffen durch die Sickerwasser unbedeutend, aber die mechanische Beschaffenheit gestaltet sich meist insofern ungünstig, als der Boden unter dem Einfluß der atmosphärischen Niederschläge zusammengeschlämmt und verdichtet wird, in Folge dessen der Luftzutritt gehindert und das Wurzelwachsthum gehemmt wird.

Das günstige Verhalten des Torfes dem Pflanzenwachsthum gegenüber beruht darauf, daß derselbe mit reichlichen Wassermengen versehen und mit einem starken Absorptionsvermögen ausgestattet war, und ist nicht zum geringsten Theil auf die lockere Beschaffenheit zurückzuführen, durch welche der Luft ungehinderter Zutritt verschafft und die Ausbreitung der Wurzeln gefördert wird.

Das Verhalten der Bodengemische läßt im Großen und Ganzen erkennen, daß durch dieselben eine theilweise Beseitigung der ungünstigen Eigenschaften der Bodenkonstituenten, welche an ihrer Zusammensetzung partizipiren, herbeigeführt wird. Durch die Beimischung von Lehm wird der Sand fruchtbarer, weil er dadurch befähigt wird, größere Wassermengen aufzuspeichern. Auch für den Lehm erweist sich die Beimengung von Sand vortheilhaft, namentlich in regenreichen Jahren (Versuch IV und XI). Ausnahmslos zeigte sich aber in vorliegenden Versuchen die Zufuhr von Humus zum Sand von durchschlagender Wirkung, insofern diese Bodenart mit zunehmendem Humusgehalt eine außerordentliche Steigerung ihrer Fruchtbarkeit erfuhr. Der vielfach hervorgetretene günstige Einfluß des Humus auf den Lehm ist dem Umstande zu-

zuschreiben, daß letzterer dadurch in eine lockere, krümelige Masse verwandelt wird.

Abgesehen von diesen Details zeigen die mitgetheilten Resultate in ihrer Gesammtheit mit größter Deutlichkeit, daß der Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf das Ertragsvermögen der Pflanzen ein sehr bedeutender ist. Will man diese Schlußfolgerung im Hinblick darauf, daß möglicherweise durch die Nährstoffzufuhr kein Ausgleich in dem Gehalt der verschiedenen Böden an löslichen Stoffen erzielt worden sei, ziehen, so würde sich doch aus diesen Versuchen die nicht minder wichtige Thatsache ergeben, daß die Wirkung der Düngemittel in einem außerordentlichen Grade von der physikalischen Beschaffenheit des Bodens beherrscht wird.

Neue Litteratur.

C. Flammarion. **Les radiations solaires et le développement des plantes.** Rapport sur les travaux de la station de climatologie agricole de Juvisy pendant l'année 1896. Extrait du Bulletin du ministère de l'agriculture. Paris. 1897. p. 3—14.

C. Flammarion. **Action des diverses radiations du spectre sur la coloration des tissus végétaux.** Ibid. p. 14—17.

C. Flammarion. **Les radiations solaires et les couleurs.** Bulletin de la société astronomique de France. Août 1897.

U. Suzuki. **On an important function of leaves.** Imperial University. Tokio. College of agriculture. Bulletin Vol. III. No. 3. p. 241—252.

E. Godlewski. **Ueber Alkoholbildung bei der intramolekularen Athmung höherer Pflanzen.** (Vorläufige Mittheilung.) Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Krakau. Juli 1897.

A. Burgerstein. **Ueber die Transpirationsgröße von Pflanzen feuchter Tropengebiete.** Berichte d. deutschen botan. Ges. Bd. XV. 1897. S. 154.

M. Cornu. **Absonderung flüssigen Wassers durch die Pflanzen;** neue Untersuchungsmethode. Comptes rendus. T. CXXIV. p. 666.

L. Jost. **Ueber die periodischen Bewegungen der Blätter von Mimosa pudica im dunklen Raume.** Botanische Zeitung. 1897. S. 17.

G. Kohl. **Die assimilatorische Energie der blauen und violetten Strahlen des Spektrums.** Berichte d. deutschen bot. Ges. Bd. XV. 1897. S. 111.

P. Kosaroff. **Einfluß verschiedener äußerer Faktoren auf die Wasseraufnahme der Pflanzen.** Dissertation. Leipzig. 1897.

H. Molisch. **Untersuchungen über das Erfrieren der Pflanzen.** Jena. 1897. Gustav Fischer.

E. Giltay. **Vergleichende Studien über die Stärke der Transpiration in den Tropen und im mitteleuropäischen Klima.** Jahrbücher f. wissensch. Botanik. Bd. XXX. 1897. Heft 4.

N. H. Nilsson. **Beobachtungen über den Einfluß der dunklen Wärmestrahlen im Sonnenlicht auf die Organisation der Pflanzen.** Botanisches Zentralblatt. Von *O. Uhlworm.* Bd. LXXII. No. 1. S. 21.

III. Agrar-Meteorologie.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CV. Untersuchungen über das Verhalten der atmosphärischen Niederschläge zur Pflanze und zum Boden.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

10. Die künstliche Beeinflussung der Wirkungen der atmosphärischen Niederschläge.

In Rücksicht auf die mannigfaltigen und sehr bedeutenden Wirkungen, welche die atmosphärischen Niederschläge direkt und indirekt auf das Pflanzenwachsthum ausüben, erscheint es am Schluß der diesbezüglichen Darlegungen geboten, die Mittel in Kürze zu kennzeichnen, welche dem Praktiker zur Verfügung stehen, um die betreffenden Naturerscheinungen in einer für die Entwickelung der Nutzgewächse möglichst günstigen Weise zu beeinflussen. An erster Stelle wird das Bestreben darauf gerichtet werden müssen, die Bodenfeuchtigkeit, welche direkt und indirekt von den meteorischen Wässern beherrscht wird, zu reguliren. Demnächst wird aber auch danach zu trachten sein, die ungünstigen Wirkungen der letzteren auf die mechanische und chemische Beschaffenheit des Ackerlandes, sowie auf die Pflanzen selbst thunlichst zu beseitigen.

Ein *Uebermaß von Wasser,* welches, wenn es sowohl dauernd als auch vorübergehend im Boden auftritt, das Wachsthum der Pflanzen in mehr oder minderem Grade schädigt[1]), wird hauptsächlich bei großer Niederschlagsmenge auf solchen Erdarten hervorgerufen, welche mit einer

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 56.

großen Wasserkapazität ausgestattet sind, in stärkstem Grade in dem Falle, wo die betreffenden Flächen in einer muldenförmigen Vertiefung der Erdoberfläche liegen und von den seitlich gelegenen, geneigten Ländereien einen Wasserzufluß erhalten oder wo im Untergrunde eine für Wasser schwer durchlässige Schicht sich in einer solchen Tiefe befindet, daß das auf derselben sich ansammelnde Grundwasser[1]) die Vegetationsschicht in einen meistentheils gesättigten Zustand versetzt. Je nachdem die Nässe unter solchen Umständen während der ganzen Vegetationszeit oder nur zeitweilig im Boden auftritt, werden entweder durchgreifende Entwässerungsvorrichtungen (Drainage, Grabenentwässerung) oder solche Maßnahmen angewendet werden müssen, welche geeignet sind, den Wasservorrath in dem Erdreich herabzusetzen.

Ein während längerer Zeiträume andauerndes Uebermaß von Wasser im Kulturlande kann nur durch Drainage oder Anlage von Gräben entfernt werden. Hierdurch werden im Boden größere Hohlräume geschaffen, in welche das Wasser durch seine eigene Schwere einsinkt, soweit es nicht vom Boden festgehalten wird. Für die abgeführte Wassermenge ist mithin unter solchen Verhältnissen lediglich die physikalische Beschaffenheit des Erdreiches maßgebend[2]), weil von dieser unter sonst gleichen Verhältnissen die in demselben herrschenden Feuchtigkeitsverhältnisse abhängig sind. Die Wirkung der in Rede stehenden Entwässerungsvorrichtungen ist daher eine äußerst verschiedene und unter Umständen eine für die Vegetation nachtheilige, insofern bei der in der Praxis meist üblichen schablonenmäßigen Ausführung der Gräben und der Drainage der Wasservorrath in einer das Pflanzenwachsthum beeinträchtigenden Weise beschränkt wird. Letzteres ist zunächst der Fall bei allen Böden, welche eine geringe Wasserkapazität und eine große Permeabilität besitzen (Sandböden), weil bei diesen der größte Theil des atmosphärischen Wassers durch die Entwässerungsvorrichtungen abgeführt wird und der in dem Erdreich verbleibende zur Erzielung von Maximalernten nicht ausreichend ist. Durch die Entwässerung wird also in solchen Bodenarten zwar das Uebermaß von Wasser beseitigt, aber ein Feuchtigkeitszustand hergestellt, welcher keineswegs den Anforderungen der Gewächse entspricht.

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIV. 1891. S. 335.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XI. 1888. S. 1.

Eine in gleichem Maße schädigende Wirkung wird aber die Entwässerung bei gewöhnlicher Ausführung auch in dem Falle hervorrufen, wo durch die atmosphärischen Wässer während der Vegetationszeit bei jedem Niederschlag so große Wassermengen zugeführt werden, daß der Boden dieselben nur zum Theil vor der Absickerung zu schützen vermag und die Niederschläge seltener erfolgen, also durch längere Trockenperioden unterbrochen sind, oder wo, in der Sprache der Meteorologen ausgedrückt, die Regenhäufigkeit eine geringe ist. Unter derartigen Umständen wird das zugeführte Wasser von denjenigen Böden, welche einerseits mit einer geringen Wasserkapazität und großen Durchlässigkeit, andererseits mit einem starken Verdunstungs- und Filtrationsvermögen ausgestattet sind, nur zum Theil ausgenutzt, weil ein größerer durch die vorhandenen Entwässerungsvorrichtungen abgeleitet wird und auf diese Weise für die Vegetation verloren geht oder nicht ausreicht, um in der nachfolgenden Periode die Verdunstungsmengen zu decken, falls diese in Folge gewisser Eigenthümlichkeiten des Erdreiches sehr beträchtlich sind. Dies gilt einerseits für die sandigen und sandreichen Böden, weil diese sehr viel Wasser durch Absickerung verlieren und unfähig sind, solches in größeren Mengen festzuhalten, andererseits für die Humus-, besonders die Torf- und Moorböden, welche zwar bedeutende Wassermengen aufzuspeichern im Stande sind, aber viel Wasser während der Regenzeit durch Absickerung in die Tiefe und namentlich während der Trockenheit durch Verdunstung verlieren[1]). Böden solcher Art sind daher in Folge der zur Zeit des Niederschlages erfolgten Abfuhr nicht geeignet, die Pflanzen während der Trockenperiode mit den zur Erzielung von Maximalernten erforderlichen Feuchtigkeitsmengen zu versehen. Für die Torf- und Moorböden ist überdies noch der Umstand hierbei in Betracht zu ziehen, daß dieselben ein größeres Maß von Feuchtigkeit behufs Gewinnung eines höheren Erträgnisses bedürfen als die Mineral-, besonders die Sandböden[2]).

Bei den thonreichen Ländereien treten die Mißstände bezeichneter Art insofern nicht in die Erscheinung, als von dem zugeführten Regenwasser nur ein geringer Theil durch Absickerung in Verlust geräth und das Wasser daher in größeren Mengen aufgespeichert wird. Die Ent-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVII. 1894. S. 229. — Bd. XVIII. 1895. S. 27.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XV. 1892. S. 427.

wässerung wirkt hier nicht schädlich, bei großem Thongehalt sogar unter Umständen nicht ausreichend, so daß sogar die Anwendung gewisser Maßregeln bei der Bearbeitung des Bodens und der Kultur der Pflanzen zur Verhütung vorübergehender übermäßiger Ansammlungen des Wassers in denselben nothwendig wird.

Außer der physikalischen Beschaffenheit des Bodens, von welcher die von demselben absickernden und festgehaltenen Wassermengen abhängig sind, wird auch das Wasserbedürfniß der Pflanzen bei Beurtheilung des Einflusses der Entwässerung nicht außer Acht gelassen werden dürfen. In dieser Richtung ist besonders die Thatsache von Wichtigkeit, daß die perennirenden Futtergewächse und die Wiesenpflanzen die höchsten Anforderungen an den Feuchtigkeitsvorrath im Erdreich stellen, der auf ca. 75% derjenigen Wassermenge zu veranschlagen ist, welche der Boden im gesättigten Zustande zu fassen vermag, während die übrigen Ackergewächse geringere Ansprüche machen und das Maximum des Ertrages bei 50—60% jener Wassermenge liefern[1]. Aus diesem Grunde bietet die Entwässerung der mit Futter- und Wiesenpflanzen bestandenen Flächen besondere Schwierigkeiten, indem der Wassergehalt, bei welchem die höchsten Ernten erzielt werden, demjenigen sehr nahe liegt, welcher dem nassen und deshalb schädlich wirkenden Zustande entspricht. Bei der meist üblichen Anlage der Entwässerungsvorrichtungen wird dem Boden in der Regel eine so große Wassermenge entzogen, daß der Vorrath unter jene Grenze sinkt, bei welcher jene anspruchsvollen Gewächse das kräftigste Wachsthum aufzuweisen haben. Es wird hier demnach eine für die Produktion nachtheilige Wirkung durch die Entwässerung ausgeübt und zwar in um so höherem Grade, je durchlässiger der Boden ist, weil er eine entsprechende Verarmung an Wasser erleidet.

Aus solchen wie den vorstehend geschilderten Thatsachen wird geschlossen werden müssen, daß die Entwässerung, falls dieselbe in der gewöhnlichen Weise zur Ausführung gelangt, nur insofern den zu stellenden Anforderungen entspricht, als das für alle Kulturpflanzen schädliche Uebermaß von Wasser aus dem Boden entfernt wird, daß aber dieselbe in Rücksicht auf die Erzielung von Maximalerträgen unter Umständen eine zuweitgehende Beschränkung des Wassergehaltes im Kultur-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 70.

lande herbeiführen kann, nämlich 1) auf allen stark durchlässigen Böden (grobkörnige, sandige Böden), 2) auf den mit einem starken Verdunstungsvermögen ausgestatteten Ländereien (Torf- und Moorböden), 3) auf den mit große Wassermengen beanspruchenden Pflanzen bestandenen Flächen (Futterfelder und Wiesen).

Zur Beseitigung dieser Unzuträglichkeiten, welche den Interessen einer rationellen Bodenkultur zuwiderlaufen, werden solche Mittel sich geeignet erweisen, mittelst welcher entweder die Wasserabfuhr verlangsamt oder zeitweise vollständig aufgehoben werden kann. Erstere lassen den beabsichtigten Zweck nur unvollkommen erreichen, weil schließlich doch alles vom Boden nicht festgehaltene Wasser entfernt wird. Mit größter Sicherheit, wenngleich aber nur bei sorgfältiger Handhabung der betreffenden Vorrichtungen, wird auf dem zweiten Wege die Feuchtigkeit nach Maßgabe der Bodenbeschaffenheit und der Ansprüche der Gewächse zur vollkommensten Ausnutzung gebracht werden können.

Die Verlangsamung des Wasserabflusses läßt sich bei offenen Gräben nicht gut durchführen, dagegen sehr wohl bei der Drainage, indem man bei dieser hinsichtlich der Bemessung des Röhrenkalibers eine Wassermenge zu Grunde legt, welche aus den bindigen Bodenarten absickert. Dieselbe ist nach den Untersuchungen des Referenten auf ca. 0,0008 cbm oder 0,8 Liter pro Sekunde und Hektar zu veranschlagen[1]). Bei dieser oder einer noch kleineren Wassermenge ergiebt sich, wenn von dem kleinsten zweckmäßigen Kaliber der Röhren (4 cm) ausgegangen wird, ein langsamerer Abfluß in denjenigen Böden, welche sehr große Wassermengen liefern, so daß sich das Wasser zum Theil längere Zeit im Boden aufhält. Damit wäre aber nicht viel erreicht, zumal bei diesem Verfahren die vollständige Herrschaft über die Bodenfeuchtigkeit, besonders während der Vegetationszeit, nicht gewonnen werden kann. Empfehlenswerther ist daher unter allen Umständen die an zweiter Stelle angeführte Methode, bei welcher der Wasserabfluß in Gräben durch Anbringung von Staubrettern und bei der Drainage durch Einfügung von Verschlußapparaten theilweise und je nach Bedürfniß zeitweilig ganz aufgehoben werden kann. Dies kann bei jeder gewöhnlichen Drainage mit Hilfe einiger wenigen Apparate, in horizontalen Lagen sogar nur eines ein-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 224.

zigen in vollkommenster Weise erzielt werden. Zu diesem Zweck dürfte es sich empfehlen, die von *Abel* konstruirte Stauvorrichtung in Anwendung zu bringen.

Diejenigen, an den tieferen Stellen des Areals gelegenen Flächen, welche mit einem höheren, für die Körner- und Hackfrüchte schädlich wirkenden Wassergehalt ausgestattet sind, werden am zweckmäßigsten mit solchen Pflanzen besetzt, welche wie jene der Wiesen mit einem starken Verdunstungsvermögen ausgestattet sind. Die Feuchtigkeitsmenge darf unter solchen Umständen aber nicht mehr als 70—80% derjenigen betragen, welche das Erdreich bei voller Sättigung zu fassen vermag, weil sonst die bezeichneten Pflanzen nachtheilig beeinflußt werden würden.

Auf sehr feinkörnigen, bindigen Bodenarten werden die bei größeren atmosphärischen Niederschlägen vorübergehend auftretenden Wasseransammlungen entweder durch direkte Abfuhr (Wasserfurchen) oder durch solche Kulturmaßregeln beseitigt werden müssen, welche einerseits eine Verminderung der Wasserkapazität resp. Erhöhung der Permeabilität, andererseits eine Vermehrung der Verdunstung bewirken. Ersteren Punkt anlangend, ist unter den bezeichneten Verhältnissen besonders danach zu trachten, mittelst der zu Gebote stehenden Maßnahmen bei der mechanischen Bearbeitung und Düngung des Bodens in demselben eine krümelige Struktur herzustellen, weil durch diese die Wasserkapazität des Erdreiches herabgesetzt und das Eindringen des Wassers in dasselbe beschleunigt wird[1]). Diese Operation erweist sich auf extrem feinkörnigen Böden (reine Thonböden, Tschernosem), welche im natürlichen Zustande dem Eindringen des Wassers die größten Widerstände entgegensetzen und sich nur äußerst schwer durchfeuchten, unerläßlich, damit die meteorischen Wässer überhaupt zur Ausnutzung seitens der Pflanzen gelangen[2]). Die betreffenden Wirkungen sind um so besser und nachhaltiger, je tiefer der Boden bis zu einer gewissen Grenze gelockert wurde, weil in dem gleichen Maße die Abfuhr des Wassers beschleunigt, resp. das Eindringen desselben in den Boden gefördert wird. Eine günstige Abänderung der Wasserkapazität und der Durchlässigkeit der in Rede stehenden Bodenarten wird auch dadurch sich erzielen lassen,

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 285 und 288. — Bd. XIV. 1891. S. 27.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 441.

daß man dieselben mit Erdarten von entgegengesetzten physikalischen Eigenschaften, also mit solchen von gröberem Korn (Sand) mischt[1]. Hierdurch werden die bindigen Böden gleichzeitig leichter bearbeitbar und lassen sich mit geringeren Schwierigkeiten krümeln als im unveränderten Zustande[2].

In der Vergrößerung der verdunstenden Oberfläche, wie solche z. B. bei der Kamm- und Behäufelungskultur herbeigeführt wird, ergiebt sich ein weiteres Mittel, um einer schädlichen Ansammlung des Wassers in dem Kulturlande vorzubeugen, zumal außerdem hierdurch ein Theil der meteorischen Wässer durch Abfuhr in die zwischen den Dämmen befindlichen Furchen dem Bereich der Pflanzen entzogen wird[3]. Ein innerhalb gewisser Grenzen dichterer Stand der nicht behäufelten Gewächse wird ebenfalls dazu beitragen, die Bodenfeuchtigkeit herabzusetzen, weil mit der Standdichte die Verdunstung zunimmt und dementsprechend die Wasserentnahme aus dem Boden eine Erhöhung erfährt[4]. Fehlerhaft würde es sein, den mit einem großen Wasseraufspeicherungsvermögen ausgestatteten Boden längere Zeit im nackten (brachliegenden) Zustande zu erhalten, wenn derselbe bereits eine feuchte Beschaffenheit besitzt, weil die Verdunstung unter derartigen Umständen eine beschränkte ist und sich leicht bei größeren atmosphärischen Niederschlägen in Folge dessen übermäßige Wassermengen in dem Erdreich ansammeln. Die Brache wirkt indessen nicht schädlich, vielmehr nützlich, wenn der Boden durch vorangegangene Trockenheit bis in größere Tiefen einen Verlust an Wasser in größerem Umfang erlitten hat[5].

Einem ***Mangel an Wasser*** im Kulturlande wird entweder durch direkte Zufuhr von Wasser (Bewässerung) oder durch solche Maßnahmen vorgebeugt werden können, durch welche eine Erhöhung der Bodenfeuchtigkeit bewirkt wird. Die Bewässerung erscheint in allen Fällen geboten, wo die durch die atmosphärischen Niederschläge dem Boden zugeführten Wassermengen zur Erzielung von Maximalerträgen sich unzureichend erweisen. Die Grenze, bei welcher dies eintritt, ist verschieden,

---

[1] Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 36—47.
[2] Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 220 und 229.
[3] Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 147.
[4] Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 298.
[5] Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 262.

je nach der Verdunstungsgröße an den betreffenden Oertlichkeiten, sowie je nach der Fähigkeit des Erdreiches, das zugeführte Wasser in größeren oder geringeren Mengen festzuhalten, und der Vertheilung der Niederschläge. Abgesehen von Details und außergewöhnlichen Verhältnissen wird im Allgemeinen angenommen werden können, daß in heißen und warmen Klimaten eine geringere Niederschlagshöhe als ca. 600 mm die Bewässerung behufs Erzielung von Maximalernten nothwendig macht, während für kältere Gegenden, in welchen die Verdunstung beträchtlich geringer ist und die Höhe der Ernten wegen der niedrigen Temperatur eine vergleichsweise weniger ergiebige ist, die Grenze, bei welcher die meteorischen Wässer noch als ausreichend zu betrachten sind, auf ca. 400 mm zu veranschlagen ist[1]).

Bei den im Uebrigen auf Böden von geringer Wasserkapazität, großer Durchlässigkeit oder starkem Verdunstungsvermögen zu ergreifenden Kulturmaßregeln ist das Augenmerk darauf zu richten, entweder den Grundwasserstand in einer angemessenen Höhe zu erhalten und, wenn dies nicht möglich ist, das Wasserfassungsvermögen des Bodens zu erhöhen. Letzteres kann erreicht werden durch Beimischung feinerdiger Materialien (Thon, Lehm und Mergel) oder durch Vermehrung des Humusgehaltes mit Hilfe größerer Mengen von Düngemitteln organischen Ursprungs (Stalldünger, Stroh und Gründünger) oder von Torf[2]). In gleicher Richtung wird ein günstiger Einfluß durch das Walzen des Bodens, obwohl in geringerem Grade, ausgeübt werden können, vorausgesetzt, daß bei eintretender Trockenheit die Verdunstung aus dem Boden durch hierzu geeignete Maßnahmen (Eggen, Behacken) beschränkt wird[3]).

Im Uebrigen sind auf Böden bezeichneter Art solche Maßnahmen zu ergreifen, durch welche die Verdunstung thunlichst eingeschränkt wird. Um dies herbeizuführen, ist eine zu häufige und überdies nutzlose Bearbeitung des Ackerlandes mit dem Pfluge zu unterlassen und die rauhe Oberfläche bei dem Eintritt von Trockenheit sofort zu eggen, um dieselbe zu ebenen. Bei vorhandener Verdichtung des Erdreiches, wie solche unter dem Einfluß größerer atmosphärischer Niederschläge oder durch Walzen herbeigeführt wird, wird sich zur Erhaltung der Boden-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 131.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 33.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 325. — Bd. V. 1882. S. 2.

feuchtigkeit eine oberflächliche Lockerung des Bodens (Eggen, Behacken) nützlich erweisen, insofern in Folge dieser Operation die Verdunstung wesentlich vermindert wird[1]). Weiter ist in dem Betracht, daß durch die Behäufelung der Pflanzen der Wasserabgabe seitens des Bodens an die Atmosphäre beträchtlich Vorschub geleistet wird, von einer derartigen Maßregel Abstand zu nehmen und die Kultur der betreffenden Pflanzen in der Ebene zu bewirken[2]). Bei dem Anbau der Gewächse ist außerdem die Regel zu beobachten, ein innerhalb gewisser Grenzen kleines Saatquantum zu wählen, damit die Pflanzen einen lichteren Stand erhalten, bei welchem der Wasservorrath in höherem Grade geschont wird als bei dichterem[3]). Schließlich kann die Brachehaltung dazu dienen, eine Ansammlung von Wasser in dem Boden herbeizuführen. Dieses Verfahren erscheint jedoch nur in dem Falle räthlich, wo der Boden eine trockene Beschaffenheit bis in größere Tiefen besitzt, weil unter entgegengesetzten Verhältnissen leicht schädliche Wirkungen auf den Nährstoffgehalt der Ackerkrume sich geltend machen. Letzteres gilt auch von jener Methode, bei welcher auf der Oberfläche des Kulturlandes eine Decke von abgestorbenen Pflanzentheilen (Stalldünger, Stroh u. s. w.) hergestellt und dadurch die Verdunstung des Bodenwassers, wenigstens für einige Zeit, vermindert wird[4]).

Die Beseitigung der durch die meteorischen Wässer hervorgerufenen ***schädlichen Wirkungen auf die mechanische Beschaffenheit des Erdreiches***[5]) gehört ebenfalls zu den Aufgaben einer rationellen Bodenkultur. Die Verschlämmung des gekrümelten Bodens wird bei allen in Reihen angebauten Gewächsen durch Auflockerung mittelst hierzu geeigneter Instrumente, bei den Wurzel-, Knollenfrüchten und verschiedenen Handelspflanzen bei der Behäufelung in nachhaltiger Weise beseitigt werden können. Bei den breitgesäten Früchten steht zu diesem Zweck nur die Egge zur Verfügung, deren Anwendung wegen der durch dieselbe bewirkten Beschädigung der Pflanzen sich jedoch vielfach verbietet. Durch Herbeiführung eines möglichst kräftigen Wachsthums der Pflanzen

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 325. — Bd. VII. 1884. S. 52.

[2]) *E. Wollny.* Saat und Pflege der landwirthschaftlichen Kulturpflanzen. Berlin. 1885. S. 740.

[3]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 298.

[4]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 293.

[5]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 180.

können im Uebrigen die in bezeichneter Richtung eintretenden Schädigungen während der Vegetationszeit wesentlich vermindert werden und zwar, wie früher gezeigt wurde, durch Abschwächung der mechanischen Wirkungen der Niederschläge seitens der Pflanzendecke[1]). Der während der vegetationsfreien Zeit im nackten Zustande des Erdreiches eintretenden Verdichtung desselben läßt sich durch rechtzeitige und sachgemäße Benutzung der Ackerinstrumente und gewisse Düngungen (Aetzkalk, Mergel) innerhalb gewisser Grenzen vorbeugen, ungünstigen Falls durch nochmalige Bearbeitung mit Hilfe geeigneter Instrumente (Krümmer, Grubber) begegnen[2]).

Die Abschlämmung der feinerdigen Bestandtheile, unter Umständen auch der gröberen, wie solche an geneigten Hängen in einem mit dem Neigungswinkel zunehmenden Grade in die Erscheinung tritt, läßt sich nur durch Erhaltung einer Decke von perennirenden Pflanzen in durchgreifender Weise verhindern[3]). Die Ackerkultur ist um so weniger angezeigt, je stärker geneigt die Flächen sind, weil in demselben Maße die Gefahr wächst, daß bei starken Niederschlägen die gesammte Ackerkrume in die Tiefe abgeführt wird.

Bezüglich der Durchschlämmung des Bodens wäre anzuführen, daß auch diese durch die Erhaltung einer Pflanzendecke eine beträchtliche Einschränkung erfährt. Diese Erscheinung wird sich besonders auf sandigen Böden, welche mit feinkörnigen Materialien (Lehm, Thon, Mergel) in den oberen Schichten gemischt worden sind, geltend machen und im gewöhnlichen Ackerbaubetriebe, in welchem die Herstellung einer ständigen Pflanzendecke nicht räthlich erscheint, nicht vermeiden lassen. Aus diesem Grunde ist eine Wiederholung der Mischung derartiger Böden mit feinen Erdarten innerhalb gewisser Zeiträume nicht zu umgehen.

Die durch *Auswaschung von Nährstoffen* seitens der in den Boden eindringenden meteorischen Wässer hervorgerufenen Schädigungen machen sich besonders bei solchen Erdarten bemerkbar, welche einerseits mit einer geringen Wasserkapazität und großen Permeabilität, andererseits mit einem schwachen Absorptionsvermögen ausgestattet sind, meist jedoch in

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XII. 1889. S. 31. — Bd. XVIII. 1895. S. 191. — Bd. XX. 1897. S. 39.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 245.

[3]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 195.

größerem Umfange nur in dem Fall, wo das Ackerland sich in einem nackten Zustande befindet, weil während dieser Zeit in der Regel die größten Sickerwassermengen gebildet werden[1]). Unter solchen Verhältnissen kann aber auch den bindigeren Erdarten ein Nährstoffverlust bezüglich der nicht absorbirbaren Nitrate zugefügt werden, wenngleich in geringerem Grade als bei den zuerst erwähnten Böden. Ungünstig ist der Umstand, daß in dem Brachlande in Folge der feuchten Beschaffenheit und der höheren Temperatur desselben gleichzeitig die Salpeterbildung sehr gefördert ist[2]), so daß zwei Ursachen bei der Verarmung des Bodens an den vorbezeichneten werthvollen Verbindnngen zusammenwirken.

Während für den Fall, wo das Ackerland durch die vorher kultivirten Gewächse oder in Folge besonderer Witterungszustände bis in größere Tiefen stark ausgetrocknet war, die Brache in der Regel keinen nachtheiligen Einfluß auf den Nährstoffvorrath des Erdreiches ausübt, weil die atmosphärischen Niederschläge lediglich zur Anfeuchtung der Vegetationsschicht dienen, treten die oben geschilderten nachtheiligen Wirkungen der meteorischen Wässer in vollem Umfange in dem Brachlande in die Erscheinung, wenn der Boden nach Aberntung der Vorfrucht mit größeren Wassermengen versehen war oder der vegetationslose Zustand auf stark durchlässigen Böden längere Zeit andauert. Unter derartigen Umständen wird das Bestreben darauf gerichtet werden müssen, für Hintanhaltung der Bildung größerer Sickerwassermengen einerseits und Festlegung der salpetersauren Salze andererseits Vorkehrungen zu treffen. Dies wird am sichersten erreicht, wenn eine Zwischenfrucht behufs späterer Unterbringung kultivirt wird, und zwar insofern, als eine Decke lebender Pflanzen die Wasserabfuhr in die Tiefe außerordentlich beschränkt[3]) und durch Verminderung der Feuchtigkeit und Wärme des Bodens die Salpeterbildung in demselben hemmt. Günstig ist überdies der Umstand, daß die Gewächse die vorhandenen salpetersauren Salze aufnehmen und in organische Verbindungen umwandeln. Je nach der Dauer der vegetationslosen Zeit wird die Auswahl unter den in Betracht kommenden

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 321.

[2]) *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe und die Humusbildungen in Rücksicht auf die Bodenkultur. Heidelberg. 1897. Carl Winter. S. 161.

[3]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 321.

Pflanzen für den Zwischenbau zu treffen sein. Es ist nicht erforderlich, daß gerade schmetterlingsblüthige Pflanzen hierbei verwendet werden müssen, denn der Hauptzweck des in Rede stehenden Verfahrens besteht zunächst nicht in einer Bereicherung des Bodens, sondern in der Erhaltung der in demselben vorkommenden, leicht auswaschbaren stickstoffhaltigen resp. mineralischen Bestandtheile. Wenn es die Umstände gestatten, eine sogen. stickstoffsammelnde Pflanze anzubauen, so wird dies ohne Zweifel von großem Nutzen sein, aber es können auch solche Gewächse, welche lediglich auf die Stickstoffverbindungen des Bodens angewiesen sind, sich vortheilhaft zeigen, wenn dieselben ein schnelles Wachsthum und das Vermögen besitzen, eine größere Menge organischer Substanz zu produziren. Letztere Eigenschaften erscheinen besonders in jenen Fällen werthvoll, wo die vegetationslose Periode eine kürzere ist [1]).

Im Uebrigen wird zur Hintanhaltung der Auswaschung der salpetersauren Salze danach zu trachten sein, daß diese während der Zeit, wo sich der Boden im nackten Zustande befindet, nicht in zu großen Mengen in demselben enthalten sind. Die betreffenden Vorsichtsmaßregeln werden um so sorgfältiger durchzuführen sein, je größer die vom Boden gelieferten Sickerwassermengen sind. Um sich unter diesen Verhältnissen vor Stickstoffverlusten zu schützen, erscheint es geboten, die Düngungen mit stickstoffreichen Materialien öfter vorzunehmen und bei jedesmaliger Zufuhr von denselben eine geringere Menge zu verwenden. Ferner wird man zweckmäßig die Nährstoffzufuhr kürzere Zeit vor dem Erwachen der Vegetation vornehmen müssen, weil bei vorzeitiger Aufbringung der betreffenden Dungsorten unfehlbar eine Auswaschung von salpetersauren Salzen in mehr oder minderem Grade eintreten würde. Dies gilt nicht allein von den Materialien, welche gewisse Mengen von Nitraten bereits vorgebildet enthalten, sondern auch von jenen, welche den Stickstoff in Form von Ammoniak einschließen, insofern letzteres in dem Boden bekanntlich leicht in Salpetersäure übergeführt wird.

In Bezug auf vorwürfige Frage ist schließlich auch die Thatsache nicht außer Acht zu lassen, daß die bezeichneten Nitratverluste bei Anwendung von Düngemitteln organischen Ursprungs (Stalldünger, Gründünger, Oelkuchen, Blutmehl u. s. w.) wesentlich geringer sind als bei

---

[1]) *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe u. s. w. S. 327 und 437.

Zufuhr des Stickstoffs in Form von löslichen Salzen (Natronsalpeter und schwefelsaures Ammoniak), offenbar deshalb, weil der Stickstoff in jenen Materialien erst allmählich, nach Maßgabe ihrer Zersetzung, in den assimilirbaren Zustand übergeht[1]).

Während bei großer Niederschlagsmenge und unter gewissen Umständen im nackten Boden die chemischen Veränderungen in dem Kulturlande einen Auslaugungsprozeß darstellen, finden bei geringer Regenhöhe gerade die entgegengesetzten Vorgänge statt, nämlich ***Ansammlungen der bei der Verwitterung und Zersetzung entstehenden Salze,*** und zwar in einer solchen Menge, daß das Wachsthum der Kulturpflanzen dadurch in mehr oder minderem Grade geschädigt wird. Die Beseitigung dieses ungünstigen Bodenzustandes bietet große Schwierigkeiten. Die Zerstörung des Alkalikarbonates, welches eine dichte Lagerung der Bodentheilchen und dadurch eine starke Verdunstung bewirkt, wird nach *E. W. Hilgard* am besten durch Zufuhr von Gips, welcher mit dem Alkalikarbonat sich umsetzt, bewerkstelligt. Weiter erweisen sich solche Mittel nützlich, durch welche die Verdunstung aus dem Boden eingeschränkt wird, weil dadurch das Aufsteigen der Salze mit dem Wasser in entsprechender Weise gehemmt wird. Zu diesem Zweck werden in Anwendung zu bringen sein: oberflächliche Lockerung des Landes mit Egge und Hacke, Bedeckung desselben mit dicht stehenden oder reich beblätterten Pflanzen, sowie mit abgestorbenen Pflanzentheilen. Mittelst Bewässerung des Bodens in Verbindung mit einer kräftigen Drainage wird versucht werden müssen, eine Auslaugung der Salze aus dem Boden herbeizuführen. Das Gelingen dieser Operation ist, abgesehen von der Zweckmäßigkeit der betreffenden Vorrichtungen, wesentlich von der Menge und Vertheilung des Wassers, sowie von der Behandlung des Bodens nach der Bewässerung abhängig. Wird der Boden bei letzterer nur stark durchfeuchtet, so ist einerseits die Absickerung eine geringe und andererseits das Aufsteigen der Salze gegen die Oberfläche bei eintretender warmer und trockener Witterung in Folge der ergiebigen Verdunstung in beträchtlichem Maße gefördert. Dies ergiebt sich z. B. aus den in Egypten bei den Nilüberschwemmungen gemachten Beobachtungen, nach welchen bei einer Stauhöhe von 1 m die Salze späterhin an der Ober-

---

[1]) *E. Wollny.* Die Zersetzung der organischen Stoffe u. s. w. S. 333.

fläche sich in einer schädlichen Menge ansammeln, während dieselben in die Tiefe gewaschen werden, wenn die Stauhöhe etwa 2 m beträgt. Neben dem Wasserquantum mag auch die Vertheilung desselben in fraglicher Richtung eine Rolle spielen, insofern eine öftere, kräftige Bewässerung einer einmaligen vorzuziehen sein dürfte. Zur Beschränkung der Verdunstung eines in dieser Weise behandelten Bodens werden die bereits oben angeführten Maßregeln in Anwendung zu bringen sein.

Was schließlich den ***Einfluß der in fester Form aus der Atmosphäre zugeführten Niederschläge*** auf Boden und Pflanze betrifft, so sind die zu deren Regulirung zu Gebote stehenden Mittel im Allgemeinen ziemlich unzulänglich und ist in vielen Fällen eine Beseitigung der betreffenden Schädigungen unmöglich. Letzteres gilt besonders von jenen, welche durch Hagel, Schnee- und Eisanhang hervorgerufen werden. Das gegen den Hagel bei den an Spalieren gezogenen Pflanzen (Reben, Obstbäume, Mais) von *C. Ferrari*[1]) vorgeschlagene Verfahren dürfte wegen des unzureichenden Schutzes mit nur geringen Erfolgen verknüpft sein. Genannter Forscher glaubt nämlich, daß, wenn die Pflanzenreihen in der Richtung angelegt werden, in welchen die Hagelwetter unter bestimmten lokalen Verhältnissen über das Gebiet fortziehen, die Pflanzen sich gegenseitig decken, während sie bei jeder anderen Richtung der Reihen vom Hagel voll getroffen würden. Ungleich wirksamer werden sich Schutzpflanzen von immergrünen Waldbäumen erweisen, welche rechtwinklig oder etwas geneigt gegen die Haupthagelrichtung, in ähnlicher Weise wie die in Nord-Amerika zum Schutze der Obstpflanzungen gegen heftige Winde gebräuchlichen «windbreaks», anzulegen wären[2]). Derartige kostspielige Anlagen werden sich natürlich nur für sogen. edlere Gewächse (Wein, Obstbäume) eignen.

Die Schädigungen, welche den Winterfrüchten durch die Schneedecke in solchen Fällen zugefügt werden können, wo auf der Oberfläche derselben sich eine feste, für Luft undurchdringliche Eiskruste gebildet hat, lassen sich vortheilhaft dadurch beseitigen, daß man letztere streifenweise aufhackt oder aufpflügt. Geschieht dies nicht, so sind die Saaten dem Verfaulen ausgesetzt. Schneeverwehungen auf ebenen Flächen, besonders

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IX. 1886. S. 244.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XIII. 1890. S. 358.

in trockenen Klimaten, üben dadurch einen nachtheiligen Einfluß aus, daß die entblößten Stellen von der Winterfeuchtigkeit nichts profitiren und daher an Wassermangel leiden. Diesem Uebelstand könnte man dadurch begegnen, daß man Erdwälle auf solchen Flächen errichtet, durch welche in den zwischen denselben liegenden Feldstreifen der Schnee erhalten und vor der Verwehung geschützt ist.

Neue Litteratur.

E. Ebermayer. **Untersuchungs-Ergebnisse über die Menge und Vertheilung der Niederschläge in den Wäldern.** Forstlich-naturw. Zeitschrift. 1897. Heft 7. S. 283—301.

E. Canestrini. **Sull' evaporazione dell' acqua da superficie acquea, terrosa ed erbosa.** Atti della società Veneto-Trentina di scienze naturali. Ser. II. Vol. III. Fasc. II.

M. Rykatschew. **Der Zusammenhang zwischen Wasserstandsschwankungen und Niederschlag im Gebiete der oberen Wolga.** Deutsch von *H. Gravelius.* Dresden. 1897. Alexander Koehler.

E. Henry (Nancy). **Influence de la sécheresse de 1893 sur la végétation forestière.** (Nouvelles observations.) S. A.

H. Wild. **Ueber die Differenzen der Bodentemperaturen mit und ohne Vegetations- resp. Schneedecke.** Mémoires de l'académie impériale des sciences de St. Pétersbourg. VIII. Serie. Classe physico-mathématique. Volume V. No. 8. St. Pétersbourg. 1897.

E. Hoppe. **Sind die forstlich-meteorologischen Beobachtungen in der bisherigen Weise fortzusetzen oder sollte eine Aenderung des bisherigen Systems eingeführt werden?** Korreferat zum vierten Verhandlungsthema des zweiten Kongresses des internationalen Verbandes forstlicher Versuchsanstalten in Braunschweig. 1896.

J. Schubert. **Temperatur und Feuchtigkeit der Luft auf freiem Felde, im Kiefern- und Buchenbestande.** I. Temperatur. Zeitschrift f. Forst- und Jagdwesen. 1897. Heft 10. S. 575—588.

J. Friedrich. **Ueber den Einfluß der Witterung auf den Baumzuwachs.** Centralblatt f. d. ges. Forstwesen. Wien. 1897.

A. Burgerstein. **Ueber primäre und sekundäre Wirkung des Regens auf die Pflanzen.** Wiener illustr. Gartenzeitung. 1897. März.

E. Duclaux. **Atmospheric actinometry and the actinic constitution of the atmosphere.** Washington. 1896.

J. Maurer. **Die periodische Wiederkehr kalter und warmer Sommer.** Meteor. Zeitschrift. Bd. XIV. 1897. Heft 7. S. 263.

J. Elster und ***H. Geitel.*** **Zusammenstellung der Ergebnisse neuerer Arbeiten über atmosphärische Elektrizität.** Naturw. Rundschau. 1897. No. 28—31.

H. Henriet. **Les gaz de l'atmosphère.** Paris. 1897. Gauthier-Villars et Mason.

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CVI. Untersuchungen über den Einfluß der Steine auf die Fruchtbarkeit des Bodens.

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

Die Frage des Einflusses der Steine auf die Fruchtbarkeitsverhältnisse des Bodens ist zwar schon vielfach in landwirthschaftlichen Kreisen erörtert, aber gleichwohl noch nicht zu einem befriedigenden Abschluß geführt worden, wie leicht begreiflich ist, wenn man berücksichtigt, daß die bisherigen einschlägigen Untersuchungen keineswegs ausreichten, für die in fraglicher Richtung sich geltend machenden Naturerscheinungen eine genügende Erklärung ausfindig zu machen. Die älteren Versuche des Referenten[1]) bezogen sich vornehmlich auf die Wirkungen, welche eine Steindecke auf die Temperatur und Feuchtigkeit des Bodens auszuüben vermag, indem hierbei von der auf steinhaltigen Erdarten beobachteten Erscheinung, daß diese nach größeren atmosphärischen Niederschlägen mit Steinen, in Folge der Abschwemmung der an letzteren haftenden feinerdigen Bestandteile, übersäet erscheinen, ausgegangen wurde. Daß die unter solchen Umständen ermittelten Resultate nicht ohne Weiteres auf die in der Natur bestehenden Verhältnisse angewendet werden dürfen, erscheint insofern selbstredend, als a priori angenommen werden darf,

[1]) *E. Wollny.* Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin. 1877. S. 36, 108 und 156.

daß außer den auf der Oberfläche des Kulturlandes auftretenden, auch die in demselben vorkommenden, mit der Feinerde gemischten Steine sich für die in Betracht kommenden Eigenschaften des Bodens maßgebend erweisen werden. Von derartigen Erwägungen ausgehend, wurden die Versuche vom Referenten in der Weise wiederholt, daß die betreffenden Böden im Gemisch mit verschiedenen Steinmengen einer näheren Prüfung unterzogen wurden. In diesem Falle wurde zwar auch durch Abwaschung der Steine von der anhaftenden Feinerde auf der Oberfläche eine mehr oder weniger dichte Decke gebildet, aber im Innern des Erdreiches gleichzeitig ein verschiedener Gehalt an Steinen hergestellt. Die Untersuchungen erstreckten sich vornehmlich auf die Temperatur-, Feuchtigkeits- und Produktionsverhältnisse des Bodens.

I. Einfluß der Steine auf die Bodentemperatur.

Die Parzellen in diesen Versuchen wurden aus Holzrahmen hergestellt, welche aus starken Brettern gefertigt waren, eine Höhe von 27 cm und einen Querschnitt von 1 qm besaßen und bis zu 2 cm unter dem Rande auf einer freigelegenen Grasfläche, in Abständen von 0,5 m, eingesenkt waren. Die Erde, welche zur Füllung der in solcher Weise hergerichteten kastenförmigen Vertiefungen diente, bestand aus einem humosen Diluvialsandboden (ca. 4 $^0/_0$ Humus und 2 $^0/_0$ Kalk), welcher durch ein Wurfgitter gesiebt wurde bis zur Absonderung aller Steine über Erbsengröße. Zur Mischung desselben wurden Steine aus dem, den Untergrund des Versuchsfeldes bildenden Glazialschotter von Haselnuß- bis Taubeneigröße verwendet. Dieselben besaßen im trockenen Zustande eine schneeweiße Farbe und bestanden größtenteils aus kohlensaurem Kalk. Die Mischung des humosen, dunkel gefärbten Diluvialsandbodens mit diesen Steinen erfolgte vor dem Einfüllen der Parzellen und wurde dem Volumen nach vorgenommen.

Nachdem sich der Boden gesetzt und eine Mächtigkeit von 25 cm angenommen hatte, wurde in der Mitte einer jeden Parzelle ein in $^1/_5$ Grade getheiltes Thermometer, welches noch $^1/_{10}$ Grade abzulesen gestattete, bis auf 15 cm Tiefe eingesenkt. Die Beobachtungen wurden täglich um 7 h a. m. und 5 h p. m., zur Zeit des Minimums resp. des Maximums der Temperatur, angestellt. Die aus denselben berechneten fünftägigen Mittel sind in folgender Tabelle übersichtlich zusammengestellt:

Versuch I (1884).

1. Pentaden- und Monatsmittel der Bodentemperatur.[1])

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe (°C.).

April.

Datum	Lufttemperatur	Niederschlagsmenge	Bodentemperatur				Temperaturschwankungen			
			Gehalt des Bodens an Steinen				Gehalt des Bodens an Steinen			
	°C.	mm	0%	15%	30%	45%	0%	15%	30%	45%
1.— 5.	8,90	—	9,77	10,26	10,30	10,51	6,1	7,3	7,4	8,8
6.—10.	7,74	48,28	9,72	9,96	10,00	10,16	7,7	9,0	9,1	11,4
11.—15.	4,94	26,30	7,52	7,53	7,55	7,45	6,8	7,5	7,7	9,3
16.—20.	3,74	5,46	6,96	6,94	6,87	6,82	4,2	4,5	4,5	5,4
21.—25.	4,06	3,00	7,68	7,71	7,76	7,65	3,8	4,4	4,4	5,3
26.—30.	6,96	5,85	9,10	9,14	9,23	9,36	8,6	9,4	9,5	11,0
Mittel:	6,06	(88,89)	**8,46**	**8,59**	**8,62**	**8,66**	**6,20**	**7,02**	**7,10**	**8,53**

Mai.

1.— 5.	9,54	11,84	10,40	10,38	10,39	10,30	4,3	4,5	4,7	5,1
6.—10.	10,57	10,16	11,79	11,84	11,96	12,29	11,7	12,4	12,8	14,5
11.—15.	16,52	5,51	17,45	17,57	17,83	18,22	9,1	9,5	10,1	11,5
16.—20.	16,88	0,49	17,83	17,87	18,18	18,57	10,5	10,6	11,3	13,0
21.—25.	14,69	0,18	18,00	18,15	18,46	18,51	9,3	9,9	10,3	11,2
26.—31.	11,56	1,76	18,06	18,12	18,48	18,38	8,0	8,6	9,0	9,9
Mittel:	13,24	(29,94)	**15,67**	**15,73**	**15,96**	**16,12**	**8,82**	**9,25**	**9,70**	**10,87**

Juni.

1.— 5.	12,40	26,34	15,32	15,38	15,38	15,24	9,2	9,7	9,6	10,9
6.—10.	10,46	36,29	14,10	14,03	13,94	13,93	7,8	8,4	8,5	9,5
11.—15.	13,80	7,29	15,87	15,93	16,02	16,11	11,4	12,0	12,3	13,3
16.—20.	8,74	24,56	12,85	12,79	12,70	12,51	4,0	4,3	4,4	5,1
21.—25.	13,03	18,97	14,54	14,63	14,70	14,84	11,6	12,1	12,1	13,3
26.—30.	16,11	4,71	19,52	19,60	19,72	19,86	8,5	9,3	9,3	10,4
Mittel:	12,42	(118,16)	**15,37**	**15,39**	**15,41**	**15,42**	**8,75**	**9,30**	**9,37**	**10,42**

Juli.

1.— 5.	19,59	1,79	21,81	22,05	22,25	22,45	10,6	11,4	11,8	12,8
6.—10.	19,68	19,05	21,83	21,92	22,13	22,29	8,7	9,1	9,3	10,2
11.—15.	22,34	3,64	24,20	24,36	24,49	24,60	9,8	10,5	10,7	11,7
16.—20.	18,52	29,76	22,31	22,37	22,46	22,56	12,9	13,6	14,1	15,5
21.—25.	16,55	29,85	18,75	18,80	18,85	18,82	9,3	9,4	9,9	11,4
26.—31.	13,56	14,78	16,16	16,13	16,10	15,98	5,8	6,1	6,4	7,0
Mittel:	18,23	(98,87)	**20,69**	**20,78**	**20,89**	**20,95**	**9,52**	**10,02**	**10,37**	**11,43**

[1]) Bezüglich des Witterungsverlaufes sind die detaillirten Angaben in Bd. XIII 1890 dieser Zeitschrift (S. 151—156) zu vergleichen.

August.

Datum	Lufttemperatur °C.	Niederschlagsmenge mm	Bodentemperatur – Gehalt des Bodens an Steinen 0%	15%	30%	45%	Temperaturschwankungen – Gehalt des Bodens an Steinen 0%	15%	30%	45%
1.— 5.	19,40	59,50	20,82	20,94	21,18	21,31	11,0	11,4	12,0	12,8
6.—10.	18,60	—	21,54	21,67	21,88	21,94	8,1	8,3	8,9	9,5
11.—15.	19,05	17,11	21,30	21,45	21,68	21,75	9,0	9,2	9,9	10,4
16.—20.	15,94	10,62	18,81	18,89	19,15	19,23	8,1	8,8	9,4	10,1
21.—25.	14,78	0,31	18,41	18,47	18,62	18,65	7,2	8,4	8,5	8,5
26.—31.	12,38	35,86	15,20	15,41	15,42	15,40	6,6	7,5	7,8	7,4
Mittel:	16,55	(123,40)	**19,21**	**19,34**	**19,52**	**19,58**	**8,33**	**8,93**	**9,42**	**9,78**

September.

Datum	Lufttemperatur °C.	Niederschlagsmenge mm	Bodentemperatur 0%	15%	30%	45%	Temperaturschwankungen 0%	15%	30%	45%
1.— 5.	15,02	7,44	17,46	17,44	17,33	17,30	9,3	10,0	10,1	9,7
6.—10.	11,38	16,07	14,04	13,95	13,93	13,92	5,3	5,3	5,4	5,4
11.—15.	14,26	—	15,55	15,57	15,58	15,54	7,4	8,1	8,1	7,9
16.—20.	15,68	—	17,58	17,61	17,65	17,52	7,1	7,5	7,6	7,5
21.—25.	13,19	5,76	15,71	15,70	15,68	15,64	7,6	8,0	8,0	7,8
26.—30.	11,27	—	14,23	14,12	14,03	13,96	6,8	7,1	7,1	7,0
Mittel:	13,47	(29,27)	**15,76**	**15,73**	**15,70**	**15,65**	**7,25**	**7,67**	**7,72**	**7,55**

Mittel sämmtlicher Beobachtungen.

Datum	Lufttemperatur °C.	Niederschlagsmenge mm	Bodentemperatur 0%	15%	30%	45%	Temperaturschwankungen 0%	15%	30%	45%
1./IV. bis 30./IX.	13,33	(488,53)	**15,86**	**15,93**	**16,02**	**16,06**	**8,14**	**8,70**	**8,95**	**9,76**

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache:

1) daß während der Vegetationszeit die mittlere Temperatur des Bodens mit dessen Gehalt an Steinen zunimmt;

2) daß die Wärmeschwankungen sich in dem Maße vergrößern, als die Menge der Steine im Boden wächst.

Der Umstand, daß die in letzterer Beziehung ermittelten Werthe ungleich größere Unterschiede als jene für die Durchschnittstemperaturen während der ganzen Beobachtungsperiode aufzuweisen haben, läßt ohne Weiteres erkennen, daß letztere den Einfluß der Steine auf die Bodenerwärmung nicht mit voller Deutlichkeit hervortreten lassen, resp. daß in dem Gange der Temperatur Abweichungen sich zeigen, welche nicht in dem Gesammtmittel zum Ausdruck gelangen. In der That ist dies der Fall, denn bei näherem Eingehen auf die in den einzelnen Pentaden ermittelten Resultate ergiebt sich mit voller Deutlichkeit:

3) daß die ad 1 präzisirten Gesetzmäßigkeiten nur bei steigender und hoher Temperatur sich geltend machen, daß dagegen bei sinkender und niedriger Temperatur die Wärmeverhältnisse des Bodens sich umgekehrt gestalten, d. h. daß letzterer um so kälter, je höher die Zahl der in demselben vorkommenden Steine ist.

Dies ergiebt sich evident aus einem Vergleich der Mittel für die Monate April—August mit jenen für den September, ferner bei dem Zusammenhalt der Beobachtungen vom 16.—20., 21.—25. April, 1. bis 5. Mai, 6.—10., 16.—20. Juni, 26.—31. Juli und 1.—30. September mit denjenigen der übrigen Zeitabschnitte.

Noch deutlicher treten die Wirkungen eines verschiedenen Steingehaltes auf die Temperatur des Erdreiches hervor, wenn man den stündlichen Gang der letzteren verfolgt oder aus den beobachteten Thermometerangaben die Mittel für die Morgen- und Abendtemperaturen (7 h a. m. und 5 h p. m.) berechnet, wie dies aus den folgenden Tabellen ersichtlich ist:

2. Mittlere Morgen- und Abendtemperaturen.

April. 1884.

Datum	Steingehalt des Bodens							
	0%		15%		30%		45%	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.— 5.	7,52	12,02	7,42	13,10	7,28	13,32	7,08	13,94
6.—10.	8,16	11,28	8,10	11,82	7,94	12,06	7,70	12,62
11.—15.	6,38	8,66	6,24	8,82	6,16	8,94	5,72	9,18
16.—20.	6,04	7,88	5,94	7,94	5,76	7,98	5,56	8,08
21.—25.	6,32	9,04	6,16	9,26	6,12	9,40	5,62	9,68
26.—30.	6,92	11,28	6,72	11,56	6,48	11,98	6,38	12,34
Mittel:	6,89	**10,02**	6,76	**10,42**	6,62	**10,61**	6,34	**10,97**
Differenz:	**3,13**		**3,66**		**3,99**		**4,63**	

Mai.

Datum	0% Mg.	0% Ab.	15% Mg.	15% Ab.	30% Mg.	30% Ab.	45% Mg.	45% Ab.
1.— 5.	9,24	11,56	9,16	11,60	9,10	11,68	8,94	11,66
6.—10.	8,82	14,76	8,68	15,00	8,44	15,48	8,36	16,22
11.—15.	14,82	20,08	14,74	20,40	14,72	20,94	14,60	21,84
16.—20.	14,56	21,10	14,42	21,32	14,36	22,00	14,28	22,86
21.—25.	15,22	20,78	15,29	21,01	15,56	21,36	16,94	22,08
26.—31.	15,20	20,92	14,94	21,30	14,88	22,08	14,73	22,03
Mittel:	13,06	**18,28**	12,93	**18,53**	12,89	**19,03**	12,71	**19,53**
Differenz:	**5,22**		**5,60**		**6,14**		**6,82**	

Juni.

Datum	Steingehalt des Bodens							
	0%		15%		30%		45%	
	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.	Mg.	Ab.
1.— 5.	13,32	17,32	13,88	17,38	13,32	17,44	12,90	17,58
6.—10.	12,44	15,76	12,16	15,90	11,86	16,02	11,64	16,22
11.—15.	13,90	17,84	13,86	18,00	13,82	18,22	13,64	18,58
16.—20.	11,50	14,20	11,34	14,24	11,16	14,24	10,74	14,28
21.—25.	12,52	16,56	12,50	16,76	12,30	17,10	12,22	17,46
26.—30.	16,52	22,52	16,36	22,84	16,28	23,16	16,20	23,52
Mittel:	13,37	**17,37**	13,26	**17,52**	13,12	**17,69**	12,89	**17,94**
Differenz:	**4,00**		**4,26**		**4,57**		**5,05**	
Juli.								
1.— 5.	18,46	25,16	18,42	25,68	18,36	26,14	18,26	26,64
6.—10.	18,86	24,80	18,72	25,12	18,66	25,60	18,67	25,92
11.—15.	20,72	27,68	20,66	28,06	20,60	28,38	20,44	28,76
16.—20.	20,40	24,22	20,38	24,36	20,36	24,56	20,22	24,90
21.—25.	16,74	20,76	16,62	20,98	16,40	21,30	16,02	21,62
26.—31.	14,60	17,72	14,49	17,77	14,33	17,87	13,99	17,97
Mittel:	18,17	**23,21**	18,09	**23,47**	18,00	**23,78**	17,81	**24,09**
Differenz:	**5,04**		**5,38**		**5,78**		**6,28**	
August.								
1.— 5.	17,30	24,34	17,30	24,58	17,22	25,14	17,00	25,62
6.—10.	17,92	25,16	17,98	25,36	17,96	25,80	17,76	26,12
11.—15.	18,90	23,70	19,06	23,84	19,26	24,10	19,38	24,12
16.—20.	16,22	21,40	16,16	21,62	16,20	22,10	16,00	22,46
21.—25.	15,32	21,50	15,04	21,90	15,02	22,22	14,82	22,48
26.—31.	13,60	16,80	13,85	16,97	13,87	16,97	13,95	16,95
Mittel:	16,44	**21,98**	16,47	**22,21**	16,50	**22,54**	16,40	**22,76**
Differenz:	**5,54**		**5,74**		**6,04**		**6,36**	
September.								
1.— 5.	15,32	19,60	15,16	19,72	14,98	19,68	14,96	19,64
6.—10.	12,44	15,64	12,22	15,68	12,22	15,64	12,20	15,64
11.—15.	14,84	16,26	14,68	16,46	14,58	16,58	14,56	16,52
16.—20.	14,70	20,46	14,64	20,58	14,56	20,74	14,50	20,54
21.—25.	14,10	17,32	14,04	17,36	13,98	17,38	13,96	17,32
26.—30.	11,52	16,94	11,24	17,00	11,22	16,84	11,20	16,72
Mittel:	13,82	**17,70**	13,66	**17,80**	13,59	**17,81**	13,57	**17,73**
Differenz:	**3,88**		**4,14**		**4,22**		**4,16**	
Mittel sämmtlicher Beobachtungen.								
Boden-temperatur:	13,63	**18,09**	13,53	**18,33**	13,45	**18,58**	13,29	**18,84**
Temperatur-differenzen:	**4,46**		**4,80**		**5,13**		**5,55**	

3. *Täglicher Gang der Bodentemperatur (1884).*

Zeit	9. Mai. Luft-temperatur	9. Mai. Bodentemperatur, Steingehalt des Bodens 0%	15%	30%	45%	10. Mai. Luft-temperatur	10. Mai. Bodentemperatur, Steingehalt des Bodens 0%	15%	30%	45%
12 h a. m.	7,6	12,4	12,4	12,4	12,4	8,5	14,8	14,8	14,8	14,7
2 »	5,4	11,4	11,3	11,2	11,1	6,9	13,3	13,3	13,2	13,1
4 »	4,2	10,5	10,4	10,2	10,0	4,4	12,6	12,5	12,3	12,1
6 »	9,4	9,7	9,6	9,4	9,2	11,9	11,6	11,6	11,3	11,0
8 »	16,6	9,4	9,3	9,2	9,1	17,8	11,2	11,2	11,0	10,9
10 »	18,2	10,0	10,2	10,4	10,5	21,7	12,1	12,3	12,4	12,6
12 » m.	19,7	12,1	12,3	12,6	13,2	22,8	13,9	14,3	14,6	15,2
2 » p. m.	20,5	14,6	14,9	15,4	16,2	23,8	16,2	16,8	17,3	18,3
4 »	21,4	16,7	17,1	17,6	18,5	24,2	18,2	18,7	19,3	20,4
6 »	18,4	17,3	17,7	18,2	19,1	20,8	19,0	19,6	20,1	21,0
8 »	13,6	17,2	17,5	18,0	18,5	15,6	18,8	19,2	19,5	20,2
10 »	9,8	16,2	16,3	16,5	16,6	11,6	17,6	18,0	18,1	18,4
Mittel:	13,23	**13,13**	**13,33**	**13,43**	**13,70**	15,83	**14,94**	**15,19**	**15,33**	**15,66**
Schwankungen:	—	7,9	8,4	9,0	10,0	—	7,8	8,4	9,1	10,1

9. Mai. Witterung.

Kl. Vorm. r. Nachm. schw. W. Ab. u. N. r.

10. Mai. Witterung.

Kl. Fr. r. Am Tage abw. schw. W. Ab. und N. kl.

Zeit	13. Juli. Luft-temperatur	13. Juli. Bodentemperatur 0%	15%	30%	45%	14. Juli. Luft-temperatur	14. Juli. Bodentemperatur 0%	15%	30%	45%
12 h a. m.	18,4	24,4	24,4	24,3	24,2	20,1	25,9	25,9	25,8	25,8
2 »	15,6	23,4	23,3	23,2	23,0	18,6	24,2	24,2	24,2	24,2
4 »	14,2	22,0	21,9	21,8	21,6	17,8	23,3	23,2	23,1	23,0
6 »	22,8	20,9	20,8	20,7	20,5	25,0	22,3	22,2	22,2	22,2
8 »	26,2	20,6	20,6	20,5	20,4	29,2	22,0	22,0	22,1	22,1
10 »	29,4	21,6	21,7	21,8	21,9	30,2	23,0	23,3	23,5	23,6
12 » m.	31,8	23,7	24,0	24,4	24,8	29,2	24,5	24,8	25,2	25,5
2 » p. m.	33,3	26,5	26,9	27,4	28,0	30,7	26,4	26,7	27,1	27,6
4 »	33,5	28,5	29,1	29,4	30,0	30,7	28,0	28,2	28,6	29,2
6 »	30,9	29,1	29,7	30,0	30,5	28,6	28,6	28,8	29,1	29,5
8 »	24,5	28,6	29,2	29,3	29,6	22,1	28,0	28,2	28,3	28,6
10 »	20,0	27,2	27,6	27,5	27,5	21,1	27,0	27,1	27,1	27,2
Mittel:	25,05	**24,71**	**24,93**	**25,03**	**25,17**	25,27	**25,27**	**25,38**	**25,53**	**25,71**
Schwankungen:	—	8,5	9,1	9,5	10,1	—	6,6	6,8	7,0	7,4

13. Juli. Witterung.

Kl. Von 10—12 h Vorm. schw. W., sonst r.

14. Juli. Witterung.

Kl. Fr. r. Vorm. schw. W. Gegen M. st. W. Nachm. schw. W. u. schw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.

Zeit	6. August. Luft-temperatur	6. August. Bodentemperatur, Steingehalt des Bodens 0%	15%	30%	45%	7. August. Luft-temperatur	7. August. Bodentemperatur, Steingehalt des Bodens 0%	15%	30%	45%
12h a. m.	15,4	20,7	20,7	20,8	20,8	16,0	21,0	21,0	20,9	20,9
2 »	15,4	19,7	19,7	19,8	19,8	14,2	20,0	19,9	19,8	19,7
4 »	15,6	18,9	18,9	18,9	18,9	13,4	19,3	19,2	19,0	18,8
6 »	16,4	18,6	18,6	18,5	18,4	15,8	18,5	18,4	18,2	18,0
8 »	17,8	18,4	18,3	18,2	18,0	19,3	18,2	18,1	18,0	17,8
10 »	21,8	18,7	18,8	19,0	19,2	22,3	18,9	19,0	19,1	19,3
12 » m.	25,0	20,0	20,2	20,5	20,9	24,6	20,8	20,9	21,2	21,5
2 » p. m.	25,9	22,0	22,3	22,7	23,3	25,5	22,9	23,1	23,5	24,0
4 »	26,1	23,7	24,0	24,4	25,0	25,4	24,5	24,7	25,1	25,6
6 »	23,2	24,4	24,6	24,9	25,4	23,2	25,0	25,1	25,3	25,6
8 »	20,2	23,6	23,7	23,8	24,1	19,2	24,3	24,4	24,5	24,6
10 »	18,0	22,5	22,6	22,6	22,6	17,2	23,0	23,0	22,9	22,9
Mittel:	20,07	**20,93**	**21,03**	**21,18**	**21,37**	19,67	**21,37**	**21,40**	**21,46**	**21,56**
Schwankungen:	—	6,0	6,3	6,7	7,4	—	6,8	7,0	7,3	7,8

Witterung (6. August).

Mg. kl. u. r. Fr. nb. u. schw. W. Am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. abw. schw. u. st. W.

Witterung (7. August).

Fr. kl. u. r., am Tage schw. bew. Vorm. u. Nachm. schw. W. M. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.

Zeit	20. September. Luft-temperatur	20. September. 0%	15%	30%	45%	21. September. Luft-temperatur	21. September. 0%	15%	30%	45%
12h a. m.	12,0	17,8	17,7	17,6	17,5	12,6	17,0	16,9	16,8	16,7
2 »	11,2	17,2	17,2	17,1	17,0	10,6	16,4	16,3	16,2	16,1
4 »	10,3	16,4	16,3	16,2	16,1	7,2	15,4	15,3	15,1	15,0
6 »	9,6	15,6	15,6	15,5	15,4	7,2	14,9	14,8	14,7	14,5
8 »	15,2	15,3	15,2	15,1	14,9	15,8	14,4	14,3	14,2	14,0
10 »	18,8	15,4	15,4	15,4	15,4	21,8	14,6	14,6	14,8	14,7
12 » m.	21,1	16,6	16,8	17,0	16,8	23,8	16,2	16,3	16,5	16,4
2 » p. m.	23,0	18,4	18,8	19,0	18,8	24,4	18,3	18,5	18,9	18,7
4 »	21,2	20,0	20,3	20,4	20,2	22,8	19,8	20,1	20,4	20,1
6 »	18,0	20,2	20,3	20,4	20,2	18,6	20,1	20,2	20,3	20,2
8 »	14,0	19,4	19,3	19,3	19,2	16,1	19,4	19,3	19,3	19,2
10 »	10,9	18,4	18,3	18,2	18,0	12,7	18,5	18,4	18,3	18,2
Mittel:	15,44	**17,56**	**17,60**	**17,60**	**17,46**	16,13	**17,08**	**17,08**	**17,13**	**16,98**
Schwankungen:	—	4,9	5,1	5,3	5,3	—	5,7	5,9	6,1	6,2

Witterung (20. September).

Meist kl. Fr. u. Ab. r., am Tage schw. W.

Witterung (21. September).

Kl. Fr. u. Ab. r., am Tage schw. W.

Aus den Zahlen der beiden vorstehenden Tabellen geht zur Genüge hervor:

4) daß der Boden zur Zeit des täglichen Maximums um so wärmer, zur Zeit des täglichen Minimums um so kälter, je größer sein Gehalt an Steinen ist;

5) daß die während der wärmeren Jahreszeit durch eine verschiedene Steinmenge hervorgerufenen Unterschiede in der Bodentemperatur während der wärmeren Tageszeit im Allmeinen ungleich größer sind als während der kälteren (Nacht).

In letzterem Umstand ist hauptsächlich eine Erklärung für die Thatsache zu finden, daß die Schwankungen der Bodentemperatur erheblichere Unterschiede bezüglich des Einflusses der Steine nachweisen, als die Durchschnittstemperaturen für die Pentaden, Monate und die ganze Beobachtungszeit (Tabelle 1) und ferner, daß die Differenzen zwischen den Morgen- und Abendtemperaturen in beträchtlichem Grade mit dem Steingehalt des Bodens zunehmen (Tabelle 2). Abweichungen von den durch Satz 5 gekennzeichneten Gesetzmäßigkeiten treten nur dann in die Erscheinung, wenn in dem normalen Gange der Temperatur ein stärkeres Sinken derselben stattfindet (16.—25. April, 6.—10., 16.—20. Juni, 26.—31. August) oder die Temperatur bei vorgeschrittener Jahreszeit (September) an sich eine niedrige und fallende ist.

Von der Erwägung ausgehend, daß der Einfluß der Steine auf die Bodentemperatur in Folge der hellen und von derjenigen der gewählten Versuchserde wesentlich abweichenden Farbe in vorliegenden Versuchen eventuell nicht in einer für die Beurtheilung der betreffenden Verhältnisse im Großen wünschenswerthen Weise festzustellen gewesen wäre, wurde von dem Referenten im Jahre 1888 eine neue Reihe von Versuchen nach derselben Anordnung, jedoch mit dem Unterschiede eingeleitet, daß die benützten Erdarten annähernd dieselbe Farbe besaßen, wie die denselben beigemischten Steine. Es wurde hierbei verwendet: Humusfreier Kalksand aus der Isar (mit 84,6 % kohlensaurem Kalk) von heller, im trockenen Zustande fast weißer Farbe und Kalksteine aus dem Schotter des Untergrundes, andererseits dunkelgefärbter humoser Diluvialsandboden mit Basaltsteinen. Die Größe der Steine war dieselbe wie diejenige in den Versuchen vom Jahre 1884. Dies gilt auch von der Herrichtung der Parzellen.

Da im Jahre 1888 die Thermometer mehrfach in Unordnung gerathen waren, wurden die Versuche im Jahre 1889 während der Zeit vom 1. April bis 30. September unter sorgfältiger Kontrolle des Referenten fortgesetzt[1]). Die hierbei gewonnenen Resultate[2]) weisen die folgenden Tabellen nach:

---

[1]) Die Ablesungen an den Thermometern wurden um 7 h a. m. und 5 h p. m. vorgenommen. — [2]) Von einer Berechnung der Morgen- und Abendtemperaturen glaubte Referent Abstand nehmen zu sollen, um das Zahlenmaterial nicht unnöthig zu vergrößern und weil dieselben die gleichen Gesetzmäßigkeiten zeigen wie in Versuch I.

Versuch II (1889).

Bodentemperatur in 15 cm Tiefe (°C.).

April.

Datum	Luft-temperatur	Nieder-schlags-menge mm	Humusfreier Kalksand — Gehalt d. Bodens an Kalksteinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%	Humoser Diluvialsand — Gehalt d. Bodens an Basaltsteinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.– 5.	3,30	5,10	4,13	4,20	4,29	4,41	4,49	4,40	4,37	4,49	4,55	4,58	4,61	4,65
6.–10.	5,99	0,10	5,90	6,11	6,29	6,44	6,59	6,59	6,49	6,61	6,76	6,87	6,94	6,86
11.–15.	5,88	18,70	6,69	6,77	6,90	6,98	7,09	7,05	7,14	7,22	7,26	7,31	7,34	7,36
16.–20.	5,17	4,75	5,80	5,81	5,85	6,07	6,11	6,05	6,03	6,10	6,13	6,20	6,28	6,36
21.–25.	10,51	11,42	9,95	10,19	10,43	10,69	10,64	10,58	10,67	10,78	10,79	10,89	10,94	11,13
26.–30.	8,84	32,50	8,40	8,54	8,60	8,66	8,71	8,72	8,84	8,94	9,06	9,13	9,20	9,24
Mittel:	6,61	(72,57)	**6,81**	**6,94**	**7,06**	**7,21**	**7,27**	**7,23**	**7,26**	**7,36**	**7,42**	**7,50**	**7,55**	**7,72**

Witterung.

1. Fr. nb. Am Tage abw. bew. Ab. u. N. abw. R.
2. Fr. schw. S. Am Tage ver. u. mst. W. Ab. u. N. bew.
3. Bew. u. abw. S. Ab. u. N. abw. bew.
4. Fr. Frst. u. kl., am Tage bew. Ab. u. N. meist kl.
5. Fr. Frst. u. nb., am Tage meist bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl.
6. Fr. Frst., sonst abw. bew.
7. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl.
8. Fr. Frst. u. nb. Vorm. nb. Nachm. kl. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
9. Bis M. nb. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Abw. bew. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
11. Bis 10h Vorm. nb., dann abw. bew. N. G.
12. Bis 8h Vorm. R. u. S., dann ver. u. mst. W., Ab. u. N. kl. u. r.
13. Fr. Rf., dann abw. bew. M. schw. R. u. H. Ab. u. N. abw. R. u. H.
14. Bis 10h Vorm. thlw. bew. u. schw. W., dann abw. bew., abw. R. u. mst. W. Ab. u. N. ver. u. r.
15. Meist bew. Fr. r., am Tage abw. R. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
16. Bew., meist r. N. kl.
17. Fr. Frst. u. schw. W. Vorm. kl. Nachm. ver. Ab. u. N. bew.
18. Bew. Fr. r., am Tage schw. W. N. R.
19. Bis 7h Mg. schw. R. u. schw. W., dann bew. Vorm. schw. W. Nachm. bew. Ab. u. N. abw. bew.
20. Bis 9h Vorm. schw. bew. u. r., dann kl.
21. Fr. kl. u. r., dann thlw. bew. N. bew.
22. Thlw. schw. bew. Ab. G. N. G.-R.
23. Bis 9h Vorm. abw. bew. u. r., dann meist bew.
24. Meist bew., am Tage schw. W.
25. Fr. v. 5½h ab R., um 6h S. bis 9½h, dann bis 11h R., später abw. schw. R. N. R. u. schw. W.
26. R. Fr. schw. W., am Tage abw. st. W. Ab. u. N. R.
27. Bis 8h Vorm. schw. R., dann bew.
28. Bis Nachm. 4h abw. bew., dann meist kl.
29. Bis M. meist kl. u. r., dann schw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. meist kl. u. r.
30. Bis Nachm. kl. u. r., dann schw. W. u. bew. Ab. G. N. G.-R.

Mai.

Datum	Luft-temperatur	Nieder-schlags-menge	Humusfreier Kalksand						Humoser Diluvialsand					
			Gehalt d. Bodens an Kalksteinen						Gehalt d. Bodens an Basaltsteinen					
		mm	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.–5.	13,76	3,42	13,24	13,42	13,67	13,94	14,09	14,13	14,40	14,59	14,73	14,88	14,99	15,02
6.–10.	15,26	3,54	16,27	16,39	16,44	16,59	16,76	16,79	16,74	16,90	17,13	17,30	17,37	17,39
11.–15.	14,95	3,02	16,44	16,54	16,65	16,73	16,82	16,97	16,95	17,12	17,26	17,34	17,41	17,47
16.–20.	14,26	81,60	16,19	16,23	16,25	16,28	16,34	16,36	16,28	16,40	16,50	16,59	16,66	16,71
21.–25.	16,54	0,86	16,38	16,52	16,65	16,77	16,87	16,95	17,71	18,05	18,29	18,57	18,72	18,81
26.–31.	17,02	13,14	17,93	18,22	18,45	18,63	18,73	18,80	19,21	19,40	19,58	19,73	19,84	19,87
Mittel:	15,35	(105,58)	**16,13**	**16,29**	**16,42**	**16,56**	**16,67**	**16,74**	**16,96**	**17,15**	**17,32**	**17,48**	**17,58**	**17,62**

Witterung.

1. Meist kl. Vorm. r. Nachm. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
2. Meist bew. u. ver. W.
3. Bew. u. r.
4. Fr. nb., am Tage abw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.
5. Thlw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl.
6. Meist kl. Bis M. r., dann schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
7. Thlw. bew. Fr. kl., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
8. Bis M. schw. bew. u. schw. W. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. 8½h G.-R. N. abw. bew.
9. Abw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
10. Meist kl. Bis Nachm. 2½h r., dann schw. W. Ab. G. N. bew.
11. Bew., von 8–9h Vorm. R. Fr., am Tage u. Ab. schw. W.
12. Bis M. bew. u. schw. W., dann abw. bew. u. r. Ab. u. N. kl. u. r.
13. Meist schw. bew. Fr. r., von 9 h Vorm. ab schw. W.
14. Vorm. schw. bew. u. r., Nachm. bew. u. schw. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
15. Bis M. bew., Fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. 2½h schw. R., dann bew. Ab. u. N. kl.
16. Bis M. schw. bew. u. r. Von 12½–1h G.-R. Nachm. bew. Von 5–5½h G.-R. N. abw. st. G.-R.
17. Bis 11h Vorm. bew. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. r.
18. Bew. u. r. Von 5½–7¼h Ab. st. G.-R., dann abw. R.
19. Bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. abw. R.
20. Bis M. abw. schw. R. u. schw. W., dann bew. Ab. u. N. abw. schw. R.
21. Meist bew., bis 10h Vorm. r., dann mst. W. Ab. abw. bew. N. kl.
22. Meist kl. Fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.
23. Kl., bis 9½h Vorm. r., dann mst. W. Ab. u. N. r.
24. Kl. Vorm. mst. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. r.
25. Kl. u. r.
26. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
27. Bis Nachm. schw. bew. u. schw. W. dann G. Ab. von 8–11h G.-R., dann abw. bew.
28. Abw. bew. u. mst. W. bis Nachm. 3½h, dann G.-R. bis 4h; später bew. Ab. abw. bew. N. schw. R.
29. Bew. u. schw. W. Ab. schw. R. N. abw. bew.
30. Abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
31. Kl. Fr. r., dann mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.

Juni.

Datum	Luft-temperatur	Nieder-schlags-menge	Humusfreier Kalksand						Humoser Diluvialsand					
			Gehalt des Bodens an Kalksteinen						Gehalt des Bodens an Basaltsteinen					
		mm	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.– 5.	18,63	55,28	19,99	20,18	20,33	20,45	20,52	20,59	20,71	20,95	21,11	21,22	21,30	21,36
6.–10.	19,48	—	18,59	18,80	19,13	19,32	19,47	19,60	20,85	21,21	21,50	21,73	21,94	22,15
11.–15.	16,29	56,84	18,39	18,48	18,57	18,65	18,72	18,82	18,95	19,19	19,38	19,53	19,65	19,75
16.–20.	16,88	12,88	18,07	18,18	18,25	18,32	18,38	18,42	18,39	18,69	18,98	19,08	19,21	19,30
21.–25.	16,99	7,64	18,48	18,69	18,84	18,94	19,02	19,08	19,83	20,14	20,29	20,48	20,63	20,72
26.–30.	16,89	63,20	18,64	18,97	19,18	19,30	19,38	19,44	19,81	20,25	20,34	20,49	20,60	20,68
Mittel:	17,53	(195,84)	18,69	18,88	19,05	19,16	19,25	19,32	19,76	20,07	20,27	20,42	20,55	20,66

Witterung.

1. Kl. Fr. r. Von 10 h Vorm. bis Ab. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
2. Meist kl. Von M. ab mst. W. Ab. u. N. kl.
3. Bis 7 h Vorm. kl., dann thlw. bew. Von $5^1/_4$—$6^3/_4$ h G.-R., dann bew., N. abw. R.
4. Bis M. meist st. R., dann schw. R., Nachm. $5^1/_2$—$6^3/_4$ h st. G.-R. Ab. schw. R., N. abw. R.
5. Bis M. nb., schw. bew. u. r., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
6. Kl., meist st. W., Ab. u. N. r.
7. Kl. u. schw. W. Ab. u. N. r.
8. Kl., Fr. r., sonst schw. W., N. thlw. bew.
9. Thlw. schw. bew. Ab. kl. N. G.
10. Bis 10 h Vorm. kl. u. r., dann thlw. bew. Von $4^1/_2$—$5^1/_4$ h G.-R. u. mst. W., später bew.
11. Bis 9 h Vorm. bew. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Von $6^1/_2$—7 h Ab. schw. G.-R., dann abw. bew.
12. Bis 10 h Vorm. abw. bew. u. schw. W., von 10—$11^1/_2$ h G.-R., dann abw. R. u. abw. st. u. schw. W. Ab. kl. u. r.
13. Bis 10 h st. nb., dann bis M. schw. nb., Nachm. u. Ab. abw. bew. N. thlw. bew.
14. Bis Nachm. $3^1/_2$ h abw. bew. u. schw. W., dann abw. G.-R. u. mst. W. Ab. u. N. abw. R. u. r.
15. Bis $7^1/_2$ h fr. abw. R. Vorm. st. R. Von 1 h M. ab bew. N. abw. bew. u. abw. schw. R.
16. Abw. bew. u. schw. W. N. r. u. abw. R.
17. Fr. nb. Vorm. schw. R., dann abw. st. R. u. schw. W.
18. Ver. u. mst. W. N. kl. u. r.
19. Bis M. schw. bew. u. r. Nachm. schw. bew. u. r. Ab. 6 h G. Um $6^1/_2$ h st. G.-R. N. abw. R.
20. Bis $6^1/_2$ h G.-R., dann abw. bew. Ab. bis Mn. abw. st. G.-R., dann abw. bew.
21. Abw. bew. u. schw. W. Ab. kl. u. r.
22. Fr. schw. bew. Am Tage abw. bew., ebenso N.
23. Abw. bew. Fr. r., am Tage abw. mst. W. Ab. u. N. r.
24. Abw. bew. Fr. r. Vorm. abw. schw. R. u. st. W. Nachm. r. Ab. bew. N. kl.
25. Kl. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. r.
26. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
27. Vorm. schw. bew. u. schw. W. M. G. Nachm. von $2^1/_4$—3 h G.-R., dann abw. bew. u. r. Ab. u. N. abw. R.
28. Bis 8 h Vorm. abw. R., von 8—11 h Vorm. st. R., dann bis $11^1/_2$ h schw. R. Nachm. bew. Ab. 6—$6^1/_2$ h G.-R., später abw. bew.
29. Abw. bew., am Tage abw. schw. u. st. R. u. mst. W. Ab. bew. Mn. G.
30. Mg. $2^1/_2$—3 h G.-R. Fr. abw. bew. u. r., am Tage abw. G.-R. Ab. u. N. ver.

Juli.

Datum	Luft-temperatur	Nieder-schlags-menge mm	Humusfreier Kalksand — Gehalt d. Bodens an Kalksteinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%	Humoser Diluvialsand — Gehalt d. Bodens an Kalksteinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.–5.	16,01	4,24	18,14	18,26	18,34	18,40	18,45	18,49	18.65	18,96	19,17	19,32	19,43	19,51
6.–10.	18,54	22,82	19,04	19,27	19,38	19,47	19,56	19,60	20,30	20,69	20,97	21,24	21,35	21,43
11.–15.	20,26	44,28	22,11	22,32	22,49	22,64	22,76	22,86	23,34	23,68	23,90	24,07	24,19	24,28
16.–20.	15,62	12,40	17,40	17,55	17,66	17,74	17,78	17,82	17,40	17,53	17,64	17,73	17,78	17,82
21.–25.	16,01	12,22	17,49	17,57	17,63	17,69	17,74	17,79	17,78	18,08	18,23	18,37	18,49	18,59
26.–31.	14,03	38,10	15,92	16,03	16,10	16,10	16,08	16,05	16,17	16,42	16,57	16,68	16,74	16,79
Mittel:	16,66	(134,06)	18,27	18,42	18,52	18,59	18,64	18,68	18,85	19,14	19,32	19,48	19,57	19,64

Witterung.

1. Fr. schw. R. u. r., dann abw. bew. u. schw. W. Von 4—5h Nachm. st. W. u. schw. G.-R., später bew. N. ver.
2. Bis 10h Vorm. bew. u. r., dann bis 5h abw. schw. G.-R., später bew. N. ver.
3. Bis 10h Vorm. nb. u. bew., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. thlw. bew. N. kl.
4. Fr. schw. bew. u. r., dann thlw. bew. Um 5h Nachm. G. Von 6—$6\frac{1}{2}$h G.-R., dann bew. N. ver.
5. Abw. bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
6. Bis $8\frac{1}{2}$h Vorm. abw. bew. u. schw. W., dann bis 11h G.-R., später bew. u. schw. W. Von $5\frac{1}{2}$—$6\frac{1}{2}$h R., dann bew. N. kl.
7. Meist kl. Fr. r., später schw. W. Von 4h Nachm. ab r. N. thlw. bew.
8. Meist kl. u. r.
9. Bis 11h Vorm. kl. u. r., dann abw. schw. bew. Ab. kl. u. r. N. thlw. bew.
10. Thlw. schw. bew. Fr. mst. W., am Tage r. Ab. u. N. kl.
11. Meist kl. u. r.
12. Bis Nachm. kl. u. schw. W. Nachm. 3h G., von 5—$5\frac{1}{4}$ schw. G.-R., dann ab. bew. Mn. G. u. G.-R.
13. Vorm. thlw. bew. Nachm. bew. u. schw. W. Ab. G. Von $7\frac{1}{2}$—$8\frac{1}{2}$h st. R. u. St., später abw. R.
14. Bis Mg. $7\frac{1}{4}$h R., dann bew. Vorm. abw. bew. Nachm. abw. schw. R. Von $4\frac{3}{4}$—6h st. R., dann bew. N. ver.
15. Fr. abw. bew. u. mst. W. Von 8h ab St. u. abw. schw. R. Nachm. G., schw. R. u. St. Von 4h Nachm. ab ver.
16. Ver. Fr. r., am Tage mst. W. Ab. u. N. r.
17. Abw. bew. Fr. r., dann abw. mst. W. Ab. u. N. bew.
18. Abw. bew. Fr. schw. W., dann mst. W. Ab. u. N. kl.
19. Bis M. kl. Fr. r. Vorm. schw. W., dann schw. bew. u. mst. W. Ab. bew. N. abw. schw. R.
20. Bis M. R. Fr. r. Vorm. schw. W. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl. u. r.
21. Fr. kl. u. r., am Tage thlw. bew., ebenso Ab. N. abw. R.
22. Abw. bew. Fr. schw. W., am Tage mst. W. Ab. u. N. r.
23. Bis Ab. $8\frac{1}{2}$h bew. u. abw. schw. R., dann ver.
24. Bis M. ver. u. r., dann G. u. schw. R. Bis 3h Nachm. bew. u. mst. W. Von 3—$3\frac{1}{2}$h G. u. St., später abw. bew. Von 6—7h G.-R., dann ver.
25. Fr. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. meist kl.
26. Abw. bew. Fr. mst. W. Vorm. st. W., ebenso Nachm. Ab. 6h G.-R. N. abw. R.
27. Abw. schw. u. st. R., sowie mst. W. Ab. u. N. abw. R. u. schw. W.
28. Abw. R. u. schw. W. bis 11h Vorm., dann bew. u. st. W. N. abw. schw. R.
29. Fr. bew. u. mst. W., am Tage abw. R. u. St. Von 5—7h Nachm. st. R. N. ver.
30. Fr. bew. u. schw. W., am Tage abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. meist bew. u. r.
31. Abw. bew. Fr. r. Vorm. mst. W. Nachm. st. W. Ab. u. N. kl. u. r.

August.

Datum	Luft-temperatur	Nieder-schlags-menge	Humusfreier Kalksand						Humoser Diluvialsand					
			Gehalt des Bodens an Kalksteinen						Gehalt des Bodens an Basaltsteinen					
		mm	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.– 5.	19,03	36,80	18,98	19,18	19,37	19,44	19,59	19,72	20,55	20,89	21,13	21,29	21,36	21,41
6.–10.	17,42	0,22	19,38	19,59	19,76	19,91	20,03	20,13	20,73	20,98	21,19	21,35	21,45	21,52
11.–15.	13,17	19,64	14,86	14,90	14,94	14,94	14,87	14,80	15,02	15,23	15,37	15,48	15,58	15,62
16.–20.	18,04	19,50	17,38	17,49	17,58	17,66	17,71	17,75	17,92	18,19	18,37	18,51	18,54	18,57
21.–25.	13,21	26,94	14,33	14,38	14,44	14,47	14,39	14,31	14,97	15,21	15,39	15,51	15,47	15,39
26.–31.	13,80	14,54	14,64	14,73	14,78	14,82	14,74	14,64	14,99	15,31	15,55	15,73	15,65	15,58
Mittel:	15,72	(117,64)	**16,53**	**16,65**	**16,75**	**16,81**	**16,82**	**16,82**	**17,29**	**17,56**	**17,76**	**17,91**	**17,93**	**17,94**

Witterung.

1. Kl., Fr., am Tage schw. W. Ab. u. N. r.
2. Bis $11^1/_2$h Vorm. thlw. bew. u. r., dann G. u. St. Von $2^1/_2$—4h R., dann bew. u. r. N. abw. R.
3. Abw. bew. u. r.
4. Bis M. thlw. bew. u. r., dann kl.
5. Bis 9h Vorm. thlw. bew., dann bew. u. St. Von 11—1h R. u. schw. W., später abw. bew. u. mst. W.
6. Fr. bew. u. r., dann abw. bew. Vorm. schw. W. Nachm. r. Ab. u. N. bew. u. r.
7. Bis 7h fr. bew. u. r., dann bis 9h schw. R. u. mst W., später ver. u. mst. W.
8. Bis M. thlw. bew. u. r., dann kl. u. schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
9. Bis 9h Vorm. kl. Vorm. schw. bew. u. schw. W. Nachm. thlw. bew. u. mst. W. Ab. schw. bew. N. bew. u. r.
10. Bis $10^1/_4$h Vorm. bew. u. r., dann abw. bew. u. mst. W. Nachm. r. Ab. kl. N. bew.
11. Bis 8h Vorm. bew., dann bis $11^1/_2$h R., später bew. Ab. R. u. st. W. N. bew. u. mst. W.
12. Bis M. abw. bew. u. st. W., dann bew. u. mst. W. Ab. R. N. bew.
13. Bis Nachm. ver. u. mst. W. Nachm. abw. schw. R. u. mst. W. Ab. R. u. mst. W. N. abw. R.
14. Bis 8h Vorm. abw. R. u. mst. W., dann bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. schw. W.
15. Bis $8^1/_2$h Vorm. bew. u. schw. W., dann abw. R. u. abw. st. u. schw. W.
16. Fr. bew. u. mst. W. bis 8h, dann abw. R. u. st. W. Ab. u. N. bew. u. schw. W.
17. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
18. Bis Nachm. thlw. bew. u. schw. W. Von $2^1/_2$—3h G. Von $3^1/_2$—4h R., dann bew. u. r. Ab. u. N. kl.
19. Abw. bew. u. r.
20. Fr. bew. u. st. W. Von $9^1/_2$—11h schw. R. u. St., dann bew. u. st. W. Nachm. thlw. schw. R. Ab. kl. N. bew.
21. Fr. schw. bew. u. r. Von 9h ab abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. kl.
22. Fr. bew. u. r. Von 7—$7^1/_2$h schw. R. u. St., dann bew. u st. W. Nachm. abw. schw. R. Ab. u. N. abw. R.
23. Fr. R. u. r. Vorm. abw. bew. Nachm. bew. u. mst. W. Ab. u. N. R.
24. Bis M. R. u. r., dann bew. u. r.
25. Bis M. bew. u. schw. W., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. kl.
26. Bis Nachm. 3h abw. bew. Fr. schw. W. Vorm. st. W. Von 3—4h R., dann abw. bew. u. schw. W. Ab. bew. N. abw. schw. R.
27. Bis M. abw. schw. R. u. r., dann abw. st. R. u. schw. H., sowie st. W. Ab. st. R. N. abw. bew.
28. Bew. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. kl. u. r. N. schw. bew.
29. Fr. schw. bew. u. r., am Tage thlw. bew. u. r. N. kl. u. r.
30. Kl. Fr. r., am Tage schw. W. Ab. u. N. kl. u. r.
31. Kl. u. r.

September.

Datum	Luft-temperatur	Nieder-schlags-menge	Humusfreier Kalksand						Humoser Diluvialsand					
			Gehalt des Bodens an Kalksteinen						Gehalt des Bodens an Basaltsteinen					
		mm	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.– 5.	17,28	48,72	17,89	18,10	18,25	18,32	18,37	18,42	19,09	19,28	19,45	19,60	19,71	19,79
6.–10.	13,12	21,50	15,34	15,35	15,37	15,39	15,35	15,32	15,58	15,63	15,67	15,71	15,72	15,64
11.–15.	12,85	15,94	14,19	14,24	14,27	14,30	14,21	14,14	14,68	14,95	15,14	15,25	15,14	15,07
16.–20.	5,78	9,28	9,38	9,49	9,58	9,64	9,55	9,43	9,79	10,05	10,22	10,35	10,24	10,10
21.–25.	7,34	42,48	9,00	9,04	9,07	9,09	9,01	8,95	9,06	9,23	9,35	9,44	9,32	9,25
26.–30.	8,97	10,74	8,92	8,95	8,98	9,01	8,99	8,96	9,11	9,26	9,37	9,45	9,35	9,28
Mittel:	10,89	(148,66)	**12,45**	**12,53**	**12,59**	**12,62**	**12,58**	**12,54**	**12,88**	**13,06**	**13,20**	**13,30**	**13,25**	**13,19**

Witterung.

1. Bis Nachm. 3h kl. u. r., dann G. Von $5^1/_2$–6h st. W., später schw. bew. N. kl.
2. Meist kl. u. r.
3. Abw. bew. Ab. schw. R. N. abw. bew.
4. Bis Nachm. schw. bew. u. r., dann schw. W. u. G. Von $5^3/_4$–8h st. G.-R., dann abw. R.
5. Fr. nb. u. schw. R. bis 8h Vorm., dann bew. Von 5h Nachm. nb. Von 6 bis $7^1/_2$h st. R., später abw. R.
6. Bis $10^1/_2$h Vorm. nb. u. abw. R., dann bew. u. r.
7. Bew. u. schw. W. N. kl.
8. Bis M. nb. u. r., dann bew. u. r. N. G.-R.
9. Bis 8h Vorm. st. G.-R., dann bew., nb. u. schw. W. Von 11–12h st. R. u. H. Nachm. bew. u. r. N. abw. bew.
10. Fr. u. Vorm. schw. bew. u. r., dann abw. bew. Ab. u. N. kl. u. r.
11. Fr. nb. u. r., sonst kl. u. schw. W.
12. Fr nb. u. r., dann schw. bew. u. mst. W. Von M. ab bew. u. r., ebenso Ab. N. bew. u. mst. W.
13. Fr. bis 9h nb., dann schw. bew. u. schw. W. Nachm. u. Ab. abw. bew. u. mst. W.
14. Bew. Fr. r., dann st. W. Von 10–$11^1/_2$h st. R., Nachm. r. Ab. u. N. abw. bew.
15. Bew. u. ver. W. Nachm. schw. R. Von 4–5h st. R., dann schw. R. bis $6^1/_4$h, später bew., N. meist kl.
16. Fr. kl. u. st. Rf., am Tage abw. bew. u. st. W. Ab. u. N. bew. u. r.
17. Fr. schw. bew. u. r., am Tage abw. bew. u. schw. W. Ab. u. N. schw. bew.
18. Fr. nb. u. r. bis $7^1/_2$h, dann schw. R. bis 11h, später abw. R. Von 2h Nachm. ab bew. u. r. N. kl.
19. Fr. nb. u. Rf., dann kl. u. r. N. schw. bew.
20. Fr. schw. bew. u. r., dann bew., st. W. u. R. Von 10h Vorm. ab abw. R. u. st. W., thlw. St.
21. Fr. abw. schw. R. u. r., am Tage abw. st. R. u. H. Von 4h Nachm. ab abw. bew. Ab. 7–8h G., darauf abw. R. N. abw. bew.
22. Bis Nachm. abw. R. u. schw. W. Von 3h Nachm. abw. st. R. u. r. Mn. bew.
23. Fr. nb. u. r. Von 7–10h Vorm. abw. st. u. schw. R., dann abw. bew. N. kl.
24. Bis M. nb. u. r., später schw. bew. N. abw. bew. u. r.
25. Abw. bew. Fr. schw. W., dann st. W. u. thlw. St. Von $2^1/_2$h Nachm. ab abw. st. R. u. st. W. N. bew.
26. Fr. bew. u. mst. W., dann abw. bew. u. mst. W. Ab. u. N. abw. bew. u. r.
27. Schw. bew. u. mst. W., am Tage auch abw. schw. R. Ab. kl. N. thlw. schw. bew.
28. Schw. bew. u. st. W. Ab. u. N. abw. R. u. schw. W.
29. Fr. R. u. schw. W. Von 8h Vorm. ab bew. u. schw. W. Nachm. bew. u. r. Ab. u. N. abw. schw. R.
30. Bew. Fr. r., am Tage schw. W.

Mittel sämmtlicher Beobachtungen.

Vom 1. April bis 30. Septbr. 1889	Humusfreier Kalksand						Humoser Diluvialsand					
	Gehalt des Bodens an Kalksteinen						Gehalt des Bodens an Basaltsteinen					
	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %
Bodentemperatur	14,81	14,95	15,06	15,16	15,20	15,22	15,50	15,72	15,88	16,01	16,07	16,12
Differenz:		0,14	0,11	0,10	0,04	0,02		0,22	0,16	0,13	0,06	0,05

Aus diesen Zahlen ergeben sich dieselben Gesetzmäßigkeiten wie aus den in Versuch I aufgeführten, d. h. der Boden nimmt eine um so höhere Temperatur während der wärmeren Jahreszeit an, je größer sein Gehalt an Steinen ist. Außerdem treten in vorliegenden Versuchsergebnissen ähnliche Erscheinungen im Gange der Bodenwärme hervor wie dort, indem bei sinkender Temperatur der steinreiche Boden kälter ist als der steinfreie. Jedoch macht sich zwischen den Beobachtungen der beiden Versuchsjahre in letzterer Beziehung ein Unterschied dadurch bemerkbar, daß auch bei fallender Temperatur zunächst die Bodenwärme mit der Steinmenge (bis zu 30 Vol. %) steigt und erst darüber hinaus mit weiterer Zunahme der letzteren fällt, während in dem Jahre 1884 der Temperaturrückgang unter solchen Umständen ein stetiger war. Abgesehen von Nebenumständen mag dies zum großen Theil darauf beruhen, daß der Gang der äußeren Temperatur im Jahre 1889 ein ungleich regelmäßigerer war als im Jahre 1884.

Bemerkenswerth erscheint die Thatsache, daß die Unterschiede in der Bodenerwärmung bei verschiedenem Steingehalt in den vorstehenden Versuchen ungleich größer waren als in den oben mitgetheilten. Dies ist einerseits auf den im Vergleich zum Jahre 1884 gleichmäßigeren Verlauf der Temperatur in dem zweiten Versuchsjahre zurückzuführen, andererseits aber auch wohl durch Verschiedenheiten in dem Bodenmaterial bedingt. Die hell gefärbten Kalksteine konnten auf den dunkelfarbigen, humosen Diluvialsand (1884) keine so starke Wirkung ausüben, als die schwarzen und die Wärme besser leitenden Basaltsteine (1889)[1]. Bei dem humusfreien Kalksande, welcher fast dieselbe Farbe

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. I. 1878. S. 43. — Bd. IV. 1881. S. 327. — Vergl. ferner: *F. Haberlandt.* Wissenschaftlich-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues. Bd. I. Wien. 1875. S. 55.

und eine ähnliche substantielle Beschaffenheit besaß, wie die demselben beigemischten Kalksteine (1889), mußte sich der Einfluß der letzteren in höherem Grade als bei dem humosen Boden (1884) geltend machen, weil das Gemisch in ersterem Fall vergleichsweise eine weit gleichmäßigere Beschaffenheit bezüglich des Verhaltens der Wärme gegenüber aufzuweisen hatte und die Steine in der weiterhin angegebenen Weise deshalb sich wirksamer zeigen konnten. Aus derartigen Thatsachen wird die Schlußfolgerung abgeleitet werden können,

5) daß der Einfluß der Steine auf die Erwärmung des Bodens um so größer, je dunkler deren Farbe, je besser ihre Wärmeleitungsfähigkeit ist, und je weniger die für das Verhalten zur Wärme maßgebenden Eigenschaften der Erde und der derselben beigemengten Steine von einander abweichen.

Bei Betrachtung der Differenzen zwischen den Temperaturen der mit verschiedenen Steinmengen versehenen Böden läßt sich, wie hier noch hervorgehoben werden mag, deutlich wahrnehmen,

6) daß der Einfluß der Steine auf die Bodenwärme in dem Maße sich verringert, als der Gehalt des Erdreiches an denselben zunimmt. Wenn auch nicht in dem gleichen Grade, so doch immerhin erkennbar, macht sich diese Gesetzmäßigkeit auch in Versuch I bemerkbar. Die Ursache derselben dürfte darin gefunden werden können, daß mit der Vermehrung der Steine die Menge der mit abweichenden Eigenschaften hinsichtlich der Erwärmung ausgestatteten Erde sich vermindert und die ganze Masse in dieser Richtung eine stetig zunehmende Gleichmäßigkeit in ihrer Beschaffenheit annimmt.

Die Ursachen der im Bisherigen geschilderten Erscheinungen anlangend, so sind dieselben vornehmlich auf die durch die Steine bewirkten Abänderungen in dem Wärmeleitungsvermögen des Bodens zurückzuführen. Alle Gesteine sind nach den vorliegenden Untersuchungen[1]) bessere Leiter der Wärme als die lockere Erde. In dem steinhaltigen Erdreich wird daher die empfangene Wärme besser als im steinfreien sich nach Innen verbreiten können. Aus demselben Grunde wird aber auch die Abkühlung in jenem eine stärkere sein als in letzterem. Je nachdem in Folge eines

[1]) *F. Haberlandt.* a. a. O. — *E. Pott.* Die landw. Versuchsstationen. Bd. XX. 1877. S. 273 und 321.

entsprechenden Ganges der äußeren Temperatur und der Dauer der Bestrahlung die Einnahme oder die Abgabe der Wärme überwiegt, muß daher der mit Steinen gemengte Boden wärmer oder kälter sein als der steinfreie, wie dies durch vorliegende Versuche nachgewiesen wurde.

II. Einfluß der Steine auf die Bodenfeuchtigkeit.

Behufs Feststellung des Einflusses der Steine auf die Bodenfeuchtigkeit wurden vom Referenten sogen. Lysimeter verwendet, welche eine Höhe von 30 cm und einen quadratischen Querschnitt von 400 qcm besaßen. Dieselben waren auf einem im Freien stehenden Tisch aufgestellt und von einem doppelwandigen, mit Erde gefüllten Holzrahmen umgeben, durch welche Vorrichtung das Versuchsmaterial vor seitlicher Erwärmung geschützt wurde[1]). Zur Beschickung der Gefäße dienten humoser Diluvialsand und gröberer, humusfreier Quarzsand, die im feuchten Zustande verwendet und dem Volumen nach mit verschiedenen Mengen von Steinen gemengt wurden. Letztere wurden dem aus Glazialschotter bestehenden Untergrunde des Versuchsfeldes entnommen und von Haselnuß- bis Taubeneigröße ausgesucht.

Am Tage der Einfüllung der Versuchserde wurde eine Bestimmung des Wassergehaltes derselben, sowie der hygroskopischen Feuchtigkeit des lufttrockenen Materials vorgenommen und danach die absolute Menge der lufttrockenen Erde in jedem Gefäß berechnet. Um die von dem Erdreich festgehaltenen Wassermengen zu eruiren, wurden die Zinkkästen nach sorgfältiger Entfernung des etwa äußerlich anhaftenden Wassers alle 8 Tage gewogen. Da das Gewicht des lufttrockenen Bodens bekannt war, so ergab die Differenz zwischen diesem und dem bei jeder Wägung gefundenen die absolute Wassermenge.

Um den volumprozentischen Gehalt der Böden feststellen zu können, wurden während der Versuchsdauer in gleichmäßigen Zeitintervallen vier Messungen des Abstandes der Bodenoberfläche von dem Rande der Gefäße vorgenommen und danach das mittlere Volumen des Bodens berechnet. Unter Zugrundelegung der durchschnittlichen absoluten Wassermengen ließ sich nunmehr der mittlere volumprozentische Wassergehalt leicht ausfindig machen. Die bezüglichen Daten für das lufttrockene

---

[1]) Vergl. die Abbildung in dieser Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 271.

Versuchsmaterial, den Gehalt desselben an Steinen und das Volumen des Erdreiches sammt Steinen lassen sich aus folgender Uebersicht entnehmen:

Gehalt des Bodens an Steinen (Vol. %).

	0%	10%	20%	30%	40%	50%
Humoser Diluvialsand.						
Lufttrockener Boden gr:	12962	12202	11424	10504	9400	8120
Steine . . . . gr:	0	2060	4120	6180	8240	10300
Volumen (Liter) 1886:	11,320	11,232	11,292	11,252	11,418	11,192
» » 1887:	10,800	10,712	10,992	10,976	11,128	11,160
Reiner Quarzsand.						
Lufttrockener Boden gr:	19258	18225	17008	15289	14043	12372
Steine . . . . gr:	0	2060	4120	6180	8240	10300
Volumen (Liter) 1886:	11,188	11,220	11,272	11,316	11,316	11,212
» » 1887:	10,832	10,920	11,056	10,968	11,054	10,984.

Die Sickerwassermengen wurden alle Tage um 5 h p. m. gemessen, die Verdunstungsmengen für den zwischen je zwei Wägungen gelegenen Zeitraum berechnet. Es geschah dies in der Weise, daß von der an einem in unmittelbarer Nähe der Lysimeter befindlichen Regenmesser abgelesenen Niederschlagsmenge die Drainwassermengen abgezogen wurden und die erhaltene Zahl, je nachdem von einer Wägung zur anderen eine Abnahme oder Zunahme des Wassergehaltes im Boden stattgefunden hatte, entsprechend diesen Aenderungen erhöht resp. erniedrigt wurde.

Ueber den Wassergehalt der Böden in den beiden Versuchsjahren geben zunächst die folgenden Tabellen Auskunft:

1886.

a. Absoluter Wassergehalt des Bodens in gr.

Datum	Humoser Diluvialsand						Reiner Quarzsand					
	Gehalt des Bodens an Steinen						Gehalt des Bodens an Steinen					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
15. April . .	2698	2618	2436	2276	2040	1900	1102	1075	1032	971	887	868
22. » . .	3938	3818	3656	3416	3100	2710	1702	1665	1582	1471	1347	1198
29. » . .	3188	3088	2926	2736	2500	2340	1442	1425	1342	1221	1127	988
6. Mai . .	2978	2878	2726	2546	2330	2210	1442	1405	1342	1221	1107	958
13. » . .	3558	3238	3106	2936	2690	2570	1692	1645	1532	1421	1297	1098
20. » . .	2978	2868	2676	2546	2440	2400	1572	1535	1462	1331	1177	1018
27. » . .	3309	3138	2956	2796	2640	2550	1722	1655	1572	1431	1267	1088

Datum	Humoser Diluvialsand						Reiner Quarzsand					
	Gehalt des Bodens an Steinen						Gehalt des Bodens an Steinen					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
2. Juni . .	2858	2748	2586	2436	2420	2360	1612	1485	1352	1211	1147	958
10. » . .	3708	3518	3376	3116	2840	2590	1712	1595	1442	1291	1217	1118
17. » . .	3918	3678	3566	3256	2940	2710	1842	1715	1622	1471	1317	1218
24. » . .	3838	3638	3546	3236	2930	2710	1642	1555	1502	1361	1217	1118
1. Juli . .	3438	3238	3136	2926	2680	2540	1572	1465	1412	1241	1167	1088
8. » . .	3068	2858	2776	2596	2380	2370	1452	1365	1322	1161	1087	1018
15. » . .	3698	3518	3356	3086	2780	2620	1522	1485	1412	1301	1217	1048
22. » . .	3218	3028	2926	2736	2480	2340	1272	1305	1252	1191	1037	968
29. » . .	3568	3428	3306	3066	2750	2540	1462	1445	1382	1311	1107	1008
5. August .	3408	3288	3206	3016	2710	2510	1432	1455	1412	1311	1127	1018
12. » .	3768	3618	3496	3256	2950	2710	1562	1525	1492	1441	1247	1158
19. » .	3628	3468	3386	3136	2850	2620	1522	1475	1422	1341	1137	1058
26. » .	3878	3658	3576	3326	3020	2810	1612	1515	1472	1371	1207	1168
2. Septbr. .	3158	3018	2976	2766	2440	2360	1272	1195	1182	1011	867	768
9. » .	3138	3048	3006	2866	2530	2510	1542	1425	1402	1221	1057	988
16. » .	2788	2698	2676	2566	2350	2310	1362	1315	1262	1141	967	948
23. » .	3008	2918	2866	2686	2490	2410	1492	1475	1372	1271	1147	1088
30. » .	2538	2448	2456	2306	2120	2090	1292	1275	1282	1141	997	968
Mittel:	3323	3178	3068	2865	2616	2472	1514	1459	1392	1274	1139	1037

b. Volumprozentischer Wassergehalt des Bodens.

Mittel:	29,35	28,29	27,17	25,46	22,91	22,09	13,62	13,00	12,35	11,26	10,07	9,25

1887.

a. Absoluter Wassergehalt des Bodens in gr.

	Humoser Diluvialsand						Reiner Quarzsand					
1. April . .	1868	1878	1866	1806	1700	1640	872	775	682	541	397	268
7. » . .	1678	1678	1676	1656	1520	1490	802	725	622	481	317	208
15. » . .	1908	1888	1876	1836	1690	1670	1012	925	852	711	587	458
22. » . .	1758	1758	1786	1726	1570	1580	972	925	812	671	537	438
29. » . .	1848	1818	1836	1776	1600	1620	1002	1005	892	741	627	488
6. Mai . .	1808	1748	1776	1676	1510	1540	1002	975	862	701	587	438
13. » . .	3078	2938	2916	2716	2460	2230	1353	1265	1142	991	837	758
20. » . .	2548	2438	2466	2356	2120	1970	1112	1075	932	771	637	568
27. » . .	2448	2398	2406	2306	2050	1930	1052	1055	922	771	627	558
3. Juni . .	2688	2568	2566	2476	2220	2030	1022	1065	922	801	637	618
10. » . .	2618	2558	2536	2456	2210	2110	1122	1165	1012	851	697	688
17. » . .	2108	2058	2066	2006	1740	1750	912	935	782	661	507	458
25. » . .	2078	2048	2006	1946	1730	1770	1002	1005	872	741	597	558
30. » . .	1938	1918	1816	1886	1670	1750	962	995	862	711	547	538

Datum	Humoser Diluvialsand						Reiner Quarzsand					
	Gehalt des Bodens an Steinen						Gehalt des Bodens an Steinen					
	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
7. Juli . .	1948	1928	1866	1926	1700	1860	1022	1015	882	721	547	538
14. » . .	2248	2248	2226	2276	1980	1930	1012	985	862	721	537	528
21. » . .	3018	2878	2846	2706	2490	2250	1052	1195	1052	901	757	708
28. » . .	2618	2498	2566	2466	2140	2200	1172	1205	1052	971	767	748
4. August .	2668	2588	2646	2516	2290	2150	1022	1035	872	721	557	528
11. » .	2168	2138	2186	2096	1870	2020	842	845	702	501	407	348
18. » .	2808	2758	2806	2676	2440	2290	1002	1125	952	811	637	658
25. » .	2498	2428	2476	2366	2120	2050	962	955	702	581	417	458
1. Septbr. .	2238	2218	2286	2186	1980	1990	962	925	772	651	447	468
7. » .	2128	2168	2156	2106	1930	1970	952	915	792	671	467	478
15. » .	2488	2458	2536	2426	2230	2120	1002	1035	872	731	547	568
22. » .	2218	2198	2266	2196	1980	1950	912	905	722	681	447	448
30. » .	2288	2288	2346	2266	2080	2090	1042	1105	922	821	607	558
Mittel:	**2285**	**2240**	**2252**	**2179**	**1971**	**1924**	**1006**	**1005**	**864**	**727**	**566**	**521**

b. Volumprozentischer Wassergehalt.

Mittel:	**21,16**	**20,91**	**20,49**	**19,85**	**17,71**	**17,27**	**9,69**	**9,21**	**7,81**	**6,68**	**5,12**	**4,74**

Diesen Zahlen ist zu entnehmen,

1) daß der absolute und volumprozentische Wassergehalt des Bodens um so geringer ist, je größer der Gehalt desselben an Steinen.

Dieser Einfluß der Steine auf die Bodenfeuchtigkeit läßt sich in einfacher Weise aus dem Umstande erklären, daß der Raum, welchen die Steine einnehmen, für die Wasserfüllung verloren geht. Der Gesammtwassergehalt der Bodenmasse muß dementsprechend unter sonst gleichen Verhältnissen abnehmen, je mehr Steine dieselbe einschließt.

In dem Betracht, daß die unterirdische Absickerung um so größer[1]), die Verdunstung um so geringer ist[2]), je weniger Wasser das Erdreich enthält, mußte a priori erwartet werden, daß die Steine entsprechend den durch dieselben hervorgerufenen Aenderungen des Feuchtigkeitsgehaltes des Bodens in fraglichen Richtungen sich wirksam erweisen müßten. Dies war jedoch nur in beschränktem Grade der Fall, wie die bezüglichen Daten der folgenden Tabellen darthun:

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 442. — Bd. XI. 1888. S. 38.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 38.

1886.

c. Sickerwassermengen pro 400 qcm Fläche in gr.

Datum	Niederschlagsmenge gr	Humoser Diluvialsand, Gehalt des Bodens an Steinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%	Reiner Quarzsand, Gehalt des Bodens an Steinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%
15.—22. April	1600	—	65	44	128	188	168	740	895	1015	926	1034	1164
22.—29. »	60	—	24	—	—	—	11	90	25	31	30	35	28
29. April — 6. Mai	270	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6.—13. »	737	—	—	—	—	9	8	269	339	356	342	409	431
13.—20. »	276	—	—	—	—	—	7	131	79	84	84	84	105
20.—27. »	1739	13	—	—	—	—	121	704	914	967	919	925	936
27. Mai — 2. Juni	270	—	—	—	—	—	7	11	75	174	106	67	82
2.—10. »	4224	2175	2387	2204	2311	2125	2086	3293	3491	3452	3476	3514	3145
10.—17. »	2781	1615	1850	1804	1727	1720	1714	2109	2171	2124	2062	2135	2081
17.—24. »	2153	1305	1297	1287	1252	1124	1227	1681	1784	1741	1601	1469	1489
24. Juni — 1. Juli	462	—	—	—	7	—	115	138	241	207	283	173	88
1.— 8. »	267	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	18	—
8.—15. »	2433	969	1001	1024	1158	1008	1036	1718	1769	2025	1820	1776	1841
15.—22. »	589	182	203	158	206	206	340	325	297	319	285	311	334
22.—29. »	1703	467	480	452	551	612	582	1203	1077	1055	1051	1051	1012
29. Juli— 5. Aug.	871	415	376	384	390	352	382	524	528	579	569	561	552
5.—12. »	2523	1611	1589	1580	1599	1495	1749	1808	1876	1913	1807	1945	1847
12.—19. »	807	373	403	373	429	416	414	471	520	563	573	548	515
19.—26. »	4333	2324	2472	2318	2541	2405	2261	2235	2211	2620	2153	2385	2060
26. Aug. — 2. Sept.	577	484	455	437	434	393	366	404	488	453	524	432	512
2.— 9. »	377	—	—	—	—	—	11	78	50	41	64	109	20
9.—16. »	723	—	—	—	34	12	30	314	322	409	367	360	376
16.—23. »	569	—	—	59	162	156	192	322	328	404	330	354	358
23.—30. »	25	16	42	19	23	88	53	17	15	—	—	31	—
Summa:	30369	11949	12644	12143	12952	12259	12880	18585	19495	20532	19372	19726	18976
	Mittel:	11949	12576					18585	19620				

1887.

c. Sickerwassermengen pro 400 qcm Fläche in gr.

Datum	Niederschlagsmenge	Humoser Dilluvialsand						Reiner Quarzsand					
		Gehalt des Bodens an Steinen						Gehalt des Bodens an Steinen					
	gr	0%	10%	20%	30%	40%	50%	0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.— 7. April	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.—15. »	326	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15.—22. »	388	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22.—29. »	417	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
29. April — 6. Mai	221	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	58	—
6.—13. »	2055	506	623	660	816	804	728	1418	1435	1567	1503	1532	1392
13.—20. »	568	526	447	417	438	410	470	458	433	440	440	442	408
20.—27. »	633	10	20	47	121	132	144	349	295	330	317	343	293
27. Mai — 3. Juni	1326	102	184	278	429	355	390	792	719	841	752	531	581
3.—10. »	1207	370	402	434	504	392	510	721	706	774	748	763	724
10.—17. »	69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7.—25. »	227	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25.—30. »	530	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
30. Juni — 7. Juli	507	—	—	—	—	—	—	106	112	145	136	156	112
7.—14. »	1064	—	—	—	52	86	126	604	623	676	631	650	611
14.—21. »	2509	738	1012	1050	1063	1000	1000	1140	1288	1360	1250	1200	930
21.—28. »	449	20	26	26	42	51	85	65	90	92	82	102	94
28. Juli — 4. Aug.	1500	214	276	340	466	393	327	830	860	860	780	860	682
4.—11. »	98	—	—	—	32	14	—	—	—	—	—	—	—
11.—18. »	1217	—	—	77	204	243	251	675	631	698	563	707	604
18.—25. »	957	643	750	748	759	729	713	840	840	835	824	837	805
25. Aug. — 1. Sept.	167	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.— 7. »	435	—	—	—	—	—	31	84	90	120	122	137	120
7.—15. »	1379	512	585	602	723	755	701	1109	1092	1105	1171	1104	1073
15.—22. »	117	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22 —30. »	368	—	—	—	—	—	—	36	14	32	47	72	22
Summa:	18752	3626	4325	4679	5649	5364	5476	9227	9228	9875	9366	9494	8451
	Mittel:	3626	5099					9227	9283				

1886.

d. Verdunstungsmengen pro 400 qcm Fläche in gr.

Datum	Niederschlagsmenge gr	Humoser Diluvialsand — Gehalt des Bodens an Steinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%	Reiner Quarzsand — Gehalt des Bodens an Steinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%
15.—22. April	1600	360	335	336	332	352	622	260	115	85	174	106	106
22.—29. »	60	810	814	790	740	660	441	210	275	269	280	245	242
29. April — 6. Mai	270	480	480	470	460	440	400	270	290	270	270	290	300
6.—13. »	737	357	377	357	347	368	369	218	158	171	195	138	166
13.—20. »	276	656	646	706	666	526	439	265	307	262	282	312	251
20.—27. »	1739	1396	1469	1459	1489	1539	1468	885	705	662	720	724	733
27. Mai — 2. Juni	270	720	660	640	630	490	453	369	365	216	284	323	318
2—10. »	4224	1199	1067	1230	1233	1679	1908	831	623	682	668	640	819
10.—17. »	2781	956	771	787	914	961	947	542	490	477	539	546	600
17.—24. »	2153	768	816	846	881	1019	926	672	529	532	662	784	764
24. Juni — 1. Juli	462	862	862	872	765	712	517	384	311	345	300	339	304
1.—8. »	267	637	647	627	597	567	537	387	367	357	347	347	337
8.—15. »	2433	834	772	829	785	1025	1147	655	544	318	473	527	562
15.—22. »	589	887	876	861	733	683	529	514	472	430	414	458	335
22.—29. »	1703	886	823	871	822	821	921	310	486	518	532	582	651
29. Juli — 5. Aug.	871	616	635	587	531	559	519	377	333	262	302	290	309
5.—12. »	2523	552	604	653	684	788	574	585	677	530	586	458	536
12.—19. »	807	574	554	544	498	491	483	376	337	314	334	369	392
19.—26. »	4333	1759	1671	1825	1602	1758	1882	2008	2082	1663	2180	1878	2263
26. Aug. — 2. Sept.	577	813	762	740	703	764	661	513	409	414	413	485	465
2.—9. »	377	397	347	347	277	287	227	569	557	556	523	458	577
9.—16. »	723	1073	1073	1053	989	891	893	589	511	454	486	453	387
16.—23. »	569	349	349	320	287	278	277	117	81	55	109	35	71
23.—30. »	25	479	453	416	382	357	292	208	210	165	155	144	145
Summa:	30369	18420	17883	18166	17347	18010	17632	12114	11234	9957	11178	10931	11633
	Mittel:	18420	17807					12114	10987				

1887.

d. Verdunstungsmengen pro 400 qcm Fläche.

Datum	Niederschlagsmenge gr	Humoser Diluvialsand — Gehalt des Bodens an Steinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%	Reiner Quarzsand — Gehalt des Bodens an Steinen 0%	10%	20%	30%	40%	50%
1.— 7. April	18	208	218	208	168	198	168	88	68	78	78	98	78
7.—15. »	326	96	116	126	146	146	146	116	126	90	90	50	70
15.—22. »	388	538	518	478	498	508	478	428	388	428	428	438	408
22.—29. »	417	327	357	367	367	387	377	387	337	337	347	327	367
29. April — 6. Mai	221	261	291	281	321	311	301	221	241	241	261	203	271
6.—13. »	2055	279	238	255	199	301	637	286	330	210	262	273	343
13.—20. »	568	572	621	601	490	498	358	351	325	338	348	326	350
20.—27. »	633	723	653	646	562	571	529	344	358	313	316	300	350
27. Mai — 3. Juni	1326	984	972	888	727	801	836	564	597	485	574	785	685
3.—10. »	1207	907	815	803	723	825	617	386	401	343	409	384	413
10.—17. »	69	579	569	539	519	539	429	279	299	299	279	259	299
17.—25. »	227	257	237	287	287	237	207	137	157	137	147	137	127
25.—30. »	530	570	560	720	590	590	550	570	540	540	560	580	550
30. Juni — 7. Juli	507	497	497	457	467	477	397	341	375	342	361	351	395
7.—14. »	1064	764	744	704	662	698	868	470	471	408	433	424	463
14.—21. »	2509	1006	967	839	1016	999	1189	1329	1011	959	1079	1089	1399
21.—28. »	449	829	803	703	647	748	414	264	349	357	297	337	315
21. Juli — 4. Aug.	1500	1236	1134	1080	984	957	1223	820	810	820	970	850	1038
4.—11. »	98	598	548	558	486	504	228	278	288	268	318	248	278
11.—18. »	1217	577	597	520	433	404	696	382	306	269	344	280	303
18.—25. »	957	624	587	539	508	548	484	159	287	372	363	340	352
25. Aug. — 1. Sept.	167	427	377	357	347	307	227	167	197	97	97	137	157
1.— 7. »	435	545	485	465	515	485	424	361	355	295	293	278	305
7.—15. »	1379	507	504	397	336	324	528	220	157	184	148	195	216
15.—22. »	117	387	377	387	347	367	287	207	247	217	167	217	237
22.—30. »	368	298	278	288	298	268	228	202	154	136	181	136	236
Summa:	18752	14596	14013	13493	12643	12998	12826	9357	9174	8613	9150	9042	10005
Mittel:		14596	13195					9357	9196				

Abgesehen von Nebenumständen ergiebt sich aus vorstehenden Zahlen,

2) daß die Sickerwassermengen in dem steinhaltigen Boden größer sind als in dem steinfreien,

3) daß die Verdunstung aus dem Boden durch das Vorhandensein von Steinen in demselben herabgedrückt wird.

Bezüglich des Einflusses verschiedener Steinmengen auf die unterirdische Wasserabfuhr und die an die Atmosphäre abgegebenen Wassermengen lassen die mitgetheilten Zahlen keine deutlichen Gesetzmäßigkeiten erkennen. Dieselben weisen vielmehr, abgesehen von den in solchen Versuchen naturgemäß vorkommenden Unregelmäßigkeiten, derart genäherte Werthe auf, daß man veranlaßt sein könnte, den Einfluß einer verschiedenen Steinmenge in dem steinhaltigen Boden auf die Sickerwasser- und Verdunstungsmenge als belanglos anzusehen. Dieses auffallende Ergebniß läßt vermuthen, daß Einwirkungen besonderer Art sich in der Natur geltend machen, welche einen Ausgleich in den betreffenden Erscheinungen herbeiführen. Welcher Art dieselben seien, wird begreiflich, wenn man die einzelnen Zahlenreihen in Betracht zieht. Man findet dann im Großen und Ganzen,

4) daß die Verdunstung in niederschlagsreichen Perioden um so stärker, in trockenen Perioden um so schwächer ist, je größer der Steingehalt des Bodens.

Diese Gesetzmäßigkeiten lassen sich aus dem Umstande erklären, daß das Eindringen des Wassers in den Boden in dem Grade erschwert ist, als die Steinmenge in demselben zunimmt[1]). Dies hat zur Folge, daß das Wasser gleichsinnig sich längere Zeit in den obersten Schichten aufhält und verdunstet wird[2]). Andererseits ist zur Erklärung des bezeichneten Verhaltens des steinhaltigen Bodens während niederschlagsarmer Zeiträume die Thatsache heranzuziehen, daß die Steine entsprechend ihrer Menge die kapillare Bewegung des Wassers nach oben verlangsamen und daß daher der an der Oberfläche stattfindende Verdunstungsverlust um so weniger gedeckt wird, je größer der Gehalt des Bodens an Steinen ist[3]). Dazu kommt, daß die in der zu Tage tretenden Schicht liegenden

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 207.

[2]) Ein Theil des verdunsteten Wassers wird auch wohl auf Rechnung desjenigen gesetzt werden können, welches an den obenaufliegenden Steinen anprallte und über den Rand der Gefäße verspritzt wurde.

[3]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 72 und 296.

Steine dem darunter liegenden Boden einen ergiebigen Schutz gegenüber den Verdunstungsfaktoren gewähren. Die Steine wirken sonach besonders in Trockenperioden auf den Feuchtigkeitsgehalt des Erdreiches günstig ein.

Die langsame Bewegung des Wassers in die Tiefe und gegebenen Falls nach aufwärts bei Gegenwart von Steinen im Boden, im Verein mit den durch die obenaufliegenden Steine hervorgerufenen Wirkungen ist die Ursache der schließlich anzuführenden Thatsache,

5) daß im Allgemeinen der prozentische Wassergehalt der lockeren Erde zwischen den Steinen mit der Menge der letzteren zunimmt und in dem steinhaltigen Boden größer ist als in dem steinfreien.

Dies geht deutlich aus folgenden, aus den oben mitgetheilten Versuchen berechneten Zahlen hervor:

Gewichtsprozentischer Wassergehalt des feinerdigen Bodens.

Gehalt des Bodens an Steinen:

		0%	10%	20%	30%	40%	50%
Hum. Diluvials.	1886	25,64	26,04	26,86	27,28	27,83	30,44
» »	1887	17,63	18,36	19,71	20,70	20,97	23,69
Reiner Quarzsand	1886	7,86	8,06	8,18	8,33	8,11	8,39
» »	1887	5,22	5,51	5,08	4,73	4,03	4,21.

Diese Zahlen sprechen deutlich für die oben näher präzisirte Gesetzmäßigkeit, mit Ausnahme derjenigen, welche bei dem Quarzsand im Jahre 1887 ermittelt wurden. Bei diesem war der mit 10 vol. % Steinen besetzte Boden zwar feuchter als der steinfreie, aber der Wassergehalt nahm bei höherem Steingehalt des Materials ab. Diese Abweichung dürfte wahrscheinlich den Wirkungen zuzuschreiben sein, welche die höhere Temperatur des mit einer größeren Steinmenge besetzten, ohnehin sich stark erwärmenden Bodens auf die Verdunstung in demselben bei weniger feuchter Witterung ausübte.

III. Einfluß der Steine auf die Produktionskraft des Bodens.

Die Kulturversuche auf steinhaltigem Boden wurden auf Parzellen angestellt, welche durch Einsenken von Holzrahmen von 1 qm Querschnitt auf einer freigelegenen Kiesfläche des Versuchsfeldes und durch Beschickung derselben mit Erde von verschiedenem Steingehalt hergestellt

waren. Das Versuchsmaterial ruhte, in einer Mächtigkeit von 25 cm, direkt auf dem aus Glazialschotter bestehenden Untergrunde. Es wurde zunächst dunkel gefärbter, humoser Diluvialsandboden verwendet, welchem verschiedene Mengen von Kalksteinen bis zu Hühnereigröße beigemengt waren. Vom Jahre 1890 ab wurden außerdem Gemische benützt, welche einerseits aus einem Kalksand (Isarkalksand) und Kalksteinen, andererseits aus humosem Diluvialsandboden und Basaltsteinen hergestellt waren. Bei jedesmaligem Anbau wurde der Boden gedüngt und zwar 1886 bis 1889 mit 100 gr Fäkalguano, in den folgenden Jahren mit 60 gr eines aus gleichen Theilen Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter bestehenden Gemisches (pro Parzelle). Während der Vegetationszeit wurden die Unkräuter durch Jäten sorgfältig entfernt.

Ueber das Ergebniß der Ernte geben folgende Zahlen Auskunft:

Versuch I (1886).

Sommerroggen.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Ernte	Steingehalt des Bodens in Vol. %					
	0	10	20	30	40	50
Körner (gr)	**206,0**	**213,4**	**206,5**	**200,0**	**182,8**	**157,1**
Stroh und Spreu (gr) . .	590	620	600	550	540	440

Erbse.

Standraum der Pflanzen: 14:14 cm. Zahl der Pflanzen: 49.

Körner (gr)	**406,0**	**617,0**	**554,0**	**530,5**	**521,0**	**496,6**
Stroh und Spreu (gr) . .	530	740	640	600	570	550

Versuch II (1887).

Ackerbohne.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**125,7**	**168,8**	**156,6**	**136,7**	**124,2**	**148,0**
Stroh (gr)	720	500	580	550	540	460
Spreu (gr)	81	189	201	111	151	158

Kartoffel.

Standraum der Pflanzen: 50:50 cm. Zahl der Pflanzen: 4.

Knollenzahl	36	35	41	36	38	42
Knollengewicht (gr) . . .	**1320**	**1610**	**1300**	**1050**	**1220**	**1160**
Spez. Gew. der Knollen .	1,099	1,103	1,099	1,096	1,098	1,096
Stärkegehalt » » %	17,9	18,8	17,9	17,3	17,7	17,3

Versuch III (1889).

Runkelrübe.

Zahl der Pflanzen: 5.

Ernte	Steingehalt des Bodens in Vol. %					
	0	10	20	30	40	50
Wurzeln (gr)	**2260**	**2190**	**2380**	**1510**	**1350**	**970**
Blätter (gr)	530	510	590	490	470	250

Versuch I—III: Humoser Diluvialsand mit Kalksteinen.

Versuch IV (1890).

a. Sommerroggen.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**95,1**	**83,8**	**79,1**	**81,3**	**77,5**	**69,7**
Stroh und Spreu (gr) . .	350	340	280	270	251	240

b. Ackerbohne.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**357,0**	**272,0**	**203,6**	**236,2**	**125,0**	**65,0**
Stroh und Spreu (gr) . .	1220	930	940	1090	700	440

c. Mais.

Standraum der Pflanzen: 33 : 33 cm. Zahl der Pflanzen: 9.

Zahl der Kolben	10	14	14	8	4	6
Körner (gr)	**148,0**	**245,0**	**96,0**	**82,0**	**40,4**	**59,0**
Stroh und Spreu (gr) . .	740	680	720	640	560	450
Kolbenstroh (gr)	124	126	84	87	23	41

a. Reiner Kalksand mit Kalksteinen. b. Humoser Diluvialsand mit Kalksteinen. c. Humoser Diluvialsand mit Basaltsteinen.

Versuch V (1891).

a. Sommerroggen.

Körner (gr)	**103,0**	**91,0**	**81,8**	**76,0**	**81,5**	**74,5**
Stroh und Spreu (gr) . .	340	302	234	253	200	150

b. Leindotter.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Körner (gr)	**88,0**	**100,5**	**96,8**	**98,7**	**86,0**	**70,5**
Stroh und Spreu (gr) . .	314	361	332	320	296	256

c. Runkelrübe.

Bodenraum pro Pflanze: 33 : 33 cm. Zahl der Pflanzen: 9.

Wurzeln (gr)	**1550**	**1800**	**1580**	**1620**	**1200**	**1040**
Blätter (gr)	610	570	460	500	450	430

a. Reiner Kalksand mit Kalksteinen. b. Humoser Diluvialsand mit Kalksteinen. c. Humoser Diluvialsand mit Basaltsteinen.

Versuch VI (1892).

a. Erbse.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Ernte	Steingehalt des Bodens in Vol. %					
	0	10	20	30	40	50
Körner (gr)	369,0	365,2	386,7	300,2	319,5	298,0
Stroh und Spreu (gr) . .	360	340	440	350	410	320

b. Kartoffel.

Standraum der Pflanzen: 50:50 cm. Zahl der Pflanzen: 4.

Steingehalt des Bodens Vol. %	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (gr)			
	große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
0	8	20	39	67	520	600	350	1470
10	9	15	23	47	540	430	210	1180
20	6	15	32	53	420	460	280	1160
30	6	13	21	40	500	480	170	1150
40	7	12	17	36	580	400	160	1140
50	5	12	23	40	440	350	200	990

a. Reiner Kalksand mit Kalksteinen. b. Humoser Diluvialsand mit Basaltsteinen.

Versuch VII (1893).

a. Leindotter.

Gedrillt in 20 cm Reihenentfernung.

Ernte	Steingehalt des Bodens in Vol. %					
	0	10	20	30	40	50
Körner (gr)	79,6	75,2	68,6	69,8	64,7	59,8
Stroh und Spreu (gr) . .	300	310	270	266	250	240

b. Mais.

Standraum der Pflanzen: 33:33 cm. Zahl der Pflanzen: 9.

Zahl der Kolben	14	10	12	12	12	12
Körner (gr)	460,0	372,4	221,0	219,6	140,8	182,0
Stroh und Spreu (gr) . .	2140	1740	1330	1290	1200	1250
Kolbenstroh (gr)	260	142	140	138	84	101

c. Kartoffel.

Standraum der Pflanzen: 33:33 cm. Zahl der Pflanzen: 9.

Steingehalt des Bodens Vol. %	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (gr)			
	große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
0	8	12	30	50	221	240	260	**721**
10	4	13	34	51	199	280	270	**749**
20	4	9	33	46	230	220	340	**790**
30	6	17	16	39	270	340	130	**740**
40	5	11	31	47	240	250	240	**730**
50	3	12	17	32	91	290	150	**531**

a. Humoser Diluvialsand mit Kalksteinen. b. Humoser Diluvialsand mit Basaltsteinen. c. Reiner Kalksand mit Kalksteinen.

Von gewissen, in derartigen Versuchen nicht zu beseitigenden Unregelmäßigkeiten abgesehen, lassen diese Zahlen erkennen,

daß im Allgemeinen die Fruchtbarkeit des Bodens mit zunehmendem Steingehalt eine Erhöhung erfährt bis zu einer bestimmten Grenze (ca. 10—20 Vol. %), über welche hinaus sich bei weiterer Steigerung der Steinmenge die Erträge der Pfanzen stetig vermindern.

Zur Erklärung dieser Erscheinungen sind zunächst die in den beiden vorangegangenen Abschnitten aufgeführten Thatsachen heranzuziehen. Es wurde dort gezeigt, daß die beiden für das Pflanzenwachsthum wichtigen Vegetationsfaktoren, das Wasser und die Wärme, bei verschiedenem Steingehalt des Bodens in entgegengesetzter Richtung ihre Wirkungen geltend machen, insofern das Erdreich während des Sommerhalbjahres einen um so geringeren Feuchtigkeitsgehalt besitzt, aber um so wärmer ist, je größer die Menge der demselben beigemengten Steine. Diese Abänderung zweier Bodeneigenschaften, welche für die Entwickelung der Pflanzen von hervorragender Wichtigkeit sind, wird naturgemäß je nach der Beschaffenheit des Kulturlandes und dem Gange der meteorologischen Elemente in verschiedener Weise die Ernten beeinflussen, weshalb die vorliegenden Versuchsergebnisse nur einen ungefähren Anhalt zur Beurtheilung der Bedeutung der Steine für die Fruchtbarkeit des Ackerlandes gewähren. Dieselben vermitteln nur die Thatsache, daß die durch die Gegenwart von Steinen bedingte stärkere Erwärmung des Bodens den Pflanzen nicht zu Gute kommt, wenn die Steinmenge eine große ist, weil unter solchen Umständen die zur Erzielung von Maximalernten erforderliche Feuchtig-

keit mangelt[1]), daß aber die günstigen Temperaturverhältnisse des steinhaltigen Bodens sich geltend machen, wenn die Steinmenge eine mäßige ist, weil in diesem Falle die aufgespeicherten Wassermengen in dem Boden zwar vermindert, aber noch ausreichend für eine normale Entwickelung der Pflanzen sind. Dafür, daß auch mancherlei Ausnahmen von der Regel vorkommen, liefern die mitgetheilten Versuche mehrere Beispiele, welche zeigen, daß die Erträge der Pflanzen überhaupt durch die Steine, und zwar nach Maßgabe deren Menge, eine Verminderung erfuhren. Diese Abweichungen auf besondere Witterungszustände zurückführen zu wollen, erscheint unthunlich, weil ein in dieser Richtung vom Referenten unternommener Versuch kein Resultat lieferte.

Unter Berücksichtigung der übrigen in Betracht kommenden Momente dürfte im Zusammenhalt mit den vorstehend mitgetheilten Versuchsergebnissen die Behauptung nicht gewagt erscheinen, daß ein mäßiger Steingehalt des Ackerlandes in der Mehrzahl der Fälle einen fördernden, eine gewisse größere Steinmenge dagegen einen nachtheiligen Einfluß auf das Produktionsvermögen der Pflanzen ausübt. In ersterer Beziehung ist vor Allem zu beachten, daß die Steine die Verdunstung in trockenen Perioden beschränken und gleichzeitig die Temperatur des Bodens erhöhen. Sie üben daher auf Erdarten mit geringer Wasserkapazität und in einem trockenen Klima eine nützliche Wirkung aus. Auf sogen. «kalten» Böden haben die Steine die Bedeutung, daß sie zu einer stärkeren Erwärmung derselben Veranlassung geben. Losen Bodenarten verleihen die Steine einen festeren Zusammenhang, während sie die Kohäreszenz schwerer Böden vermindern und dadurch deren Bearbeitbarkeit erhöhen. Außerdem tragen die Steine auf abhängigen Feldern mit dazu bei, das Abschlämmen feinerdiger Bestandtheile hintanzuhalten; in rauhen Lagen schützen sie die jungen Pflanzen gegen Wind und Nachtfröste.

Im Uebrigen, d. h. bei einem gewissen höheren Steingehalt, üben die Steine einen mit ihrer Menge wachsenden, nachtheiligen Einfluß auf das Wachsthum der Pflanzen aus und zwar nicht allein dadurch, daß die den letzteren zur Verfügung stehende Feuchtigkeit, sondern auch die Menge fruchtbarer Erde in demselben Grade eine Einschränkung erleidet. Außerdem erschweren die Steine unter solchen Verhältnissen die Keimung

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 95.

und den Aufgang der Pflanzen in ziemlich erheblichem Maße und beschränken die Bodenfläche in einer solchen Weise, daß in Folge des dadurch bedingten zu dünnen Pflanzenstandes die Erträge der Pflanzen naturgemäß eine entsprechende Verminderung erfahren. Schließlich käme in Betracht, daß die Steine, wenn sie in größerer Zahl (über ca. 10 bis 20 Vol. %) im Boden auftreten, bei der Ernte hinderlich werden, weil man die Früchte nicht dicht am Boden abmähen kann.

Ob man die Steine, welche auf dem Ackerlande zu Tage treten, zu entfernen habe oder nicht, wird von den im Vorstehenden entwickelten Gesichtspunkten aus im gegebenen Falle festgestellt werden müssen. Wo, wie angegeben, die Steine sich nützlich erweisen, wird zwar die Belassung derselben in der Ackerkrume räthlich erscheinen, dennoch wird man nicht umhin können, auch unter diesen Umständen jene von größerem Umfange, etwa von über Faustgröße und darüber zu beseitigen, weil diese das Abmähen der Pflanzen in allen Fällen erschweren.

Neue Litteratur.

F. Houdaille. **Marche annuelle de l'humidité du sol.** Bull. mét. du Dep. de l'Herault. 1894.

L. J. Briggs. **The mechanics of soil moisture.** Bull. No. 10. U. S. Department of Agriculture. Division of soils. Washington. 1897.

E. Ramann. **Untersuchung streuberechter Böden.** Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1898. Januar. S. 8—17.

E. Ramann. **Ueber Lochkahlschläge.** Ebenda. 1887. Dezember. S. 697—708.

R. Warington. **Denitrification and farmyard manure.** Journ. of the royal agricultural society of England. Third Series. Vol. VIII. Part. IV. 1897. London. 1898.

II. Physik der Pflanze.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CVII. Untersuchungen über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf das Wachsthum der Pflanzen.

Von Dr. **Walter Wollny** aus München.

(Mit einer Tafel.)

Die Frage des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf das Pflanzenwachsthum ist zwar bereits mehrfach zum Gegenstand von Untersuchungen gewählt worden, ohne daß jedoch dadurch vollständig übereinstimmende Resultate erzielt worden wären. In dem Bestreben, die einschlägigen Naturerscheinungen aufzuklären, ging man entweder davon aus, die Abänderungen in dem anatomischen Bau und den Funktionen der Pflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft näher festzustellen, oder man versuchte die Produktion organischer Substanz seitens der solchen Bedingungen ausgesetzten Gewächse ziffernmäßig zu bestimmen. Hinsichtlich der hierbei benutzten Methoden lassen die vorliegenden Beobachtungen nach zwei Richtungen hin Unterschiede erkennen, insofern der Einfluß des hygrometrischen Zustandes der Luft auf die Pflanzen einerseits an Individuen einer und derselben Spezies, welche an verschieden feuchten Standorten gewachsen waren, oder andererseits an Pflanzen oder Pflanzentheilen studirt wurde, welche unter übrigens gleichen Verhältnissen künstlich mit einer verschieden feuchten Lufthülle umgeben wurden.

So werthvoll die auf ersterem Wege erzielten Ergebnisse in pflanzengeographischer Hinsicht sein mögen, so ist denselben doch vom pflanzenphysiologischen Standpunkt in Rücksicht darauf, daß die an verschieden feuchten Standorten gewachsenen Pflanzen sich gleichzeitig auch hinsichtlich der übrigen Wachsthumsfaktoren, wenigstens in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, unter ungleichen Bedingungen befinden, zunächst eine geringere Bedeutung beizumessen. Den an das naturwissenschaftliche Experiment allgemein zu stellenden Anforderungen entsprechend, wird man vielmehr der an zweiter Stelle angeführten Methode den Vorzug einräumen müssen und nur mit Hilfe dieser sich auf die Erzielung sicherer Resultate Rechnung machen dürfen.

Die Zahl der in solcher Weise angestellten Untersuchungen ist im Großen und Ganzen eine verhältnißmäßig spärliche. Soweit mir die Litteratur bekannt geworden ist, scheint *J. Reinke*[1]) der erste gewesen zu sein, welcher in vorwürfiger Frage die Resultate einschlägiger Versuche veröffentlicht hat. Bei je vier Keimpflanzen von Helianthus annuus, welche sich sonst unter gleichen Wachsthumsbedingungen befanden, von denen aber die eine Parthie in einer Glasglocke eingeschlossen, die andere in freier Luft aufgestellt war, wurden nach vier Tagen an den hypokotylen Gliedern folgende Längen (mm) konstatirt:

trockene Luft	45	50	65	67
feuchte Luft	75	77	89	100.

Mithin war der Zuwachs des Stengels in feuchter Luft größer als der in trockener. Es ergab sich jedoch, daß dieses schnellere Wachsthum des Stengels nur bis zur Erreichung des gewöhnlichen Längenmaßes stattfindet, was aus dem Umstande zu schließen ist, daß die Pflanzen unter der Glocke nur in den ersten Tagen erheblich rascher wuchsen als die in der Zimmerluft, bald aber sich dem Tempo dieser letzteren näherten.

Weiters wurde von *J. Reinke* in seinen «Untersuchungen über das Wachsthum bei Datura Stramonium» die Beobachtung gemacht, daß bei hoher Luftfeuchtigkeit eine energische Volumenzunahme des Stengels statt hat, bei erheblichem Sinken derselben aber nicht nur eine geringere Zunahme, sondern eine Volumenabnahme, ein Dünnerwerden des Stengels erfolgt. Ganz unverkennbar erwies sich der Einfluß der Luftfeuchtig-

[1]) *J. Reinke.* Botanische Zeitung. 1876. S. 139, 147 und 171.

keit auf die Blattentwicklung, welche unter einer Glasglocke viel energischer vor sich ging als in der trockenen Atmosphäre des Zimmers.

H. Hellriegel[1]) und *P. Sorauer*[2]) hatten sich schon früher, anfangs der siebziger Jahre, mit einer experimentellen Prüfung der Frage des Einflusses der Luftfeuchtigkeit auf die Entwicklung der Pflanzen beschäftigt, die Versuchsergebnisse aber erst später publizirt. Im Wesentlichen bestand der von ihnen benutzte Apparat aus einer 120 cm hohen und 24 cm weiten tubulirten Glasglocke, welche an ihrem oberen Ende durch ein Rohr mit einer Büchse verbunden war, die oben ein 66 cm langes Glasrohr trug. In der Büchse befand sich eine brennende Petroleumlampe, welche als Aspirator diente. Die Zufuhr neuer Luft in die Glocke erfolgte durch ein Loch des Holzbodens, auf welchem die Glocke luftdicht aufruhte. Durch das Loch führte eine Glasröhre, die in dem Innern eines Gefäßes mündete, welches behufs Trocknung oder Anfeuchtung der durchströmenden Luft mit Chlorcalciumstücken, resp. mit durch Wasser befeuchteten Bimssteinstücken gefüllt war. Der Holzboden war in der Mitte mit einer größeren Oeffnung versehen, welche zur Aufnahme des oberen Randes des Kulturgefäßes diente. Nicht unerwähnt darf gelassen werden, daß in den Versuchen *Hellriegel's* die Pflanzen (Gerste) nur während eines Theils der Vegetationsperiode (bis zu 34 Tagen) der Einwirkung verschieden feuchter Luft ausgesetzt wurden, sich während der übrigen Zeit im Freien befanden, sowie daß jeweils nur mit einem oder höchstens zwei Individuen experimentirt wurde. In gleicher Weise scheint die Bemerkung nicht überflüssig, daß die Bodenfeuchtigkeit großen Schwankungen unterlag, nämlich 60—20 % der vollen Sättigungskapazität.

Auf Grund seiner Versuche gelangt *Hellriegel* zu dem Schluß, daß die relative Feuchtigkeit der Luft die Größe der Verdunstung der Pflanze in hohem Grade beeinflußt, und zwar in der Weise, daß die Wasserabgabe um so größer ist, je trockener die Luft, daß aber diese Aenderung der Verdunstungsgröße keinen Einfluß auf die physiologischen Funktionen der Pflanzen, auf ihre Produktion und Gesammtentwickelung ausübt, so

---

[1]) *H. Hellriegel.* Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig. 1883. S. 461—501.

[2]) *P. Sorauer.* Botanische Zeitung. 1878. S. 1. — Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik. Bd. III. 1880. S. 403—436.

lange die Bodenfeuchtigkeit innerhalb normaler und günstiger Grenzen erhalten wird.

Die von *P. Sorauer* in ähnlicher Weise mit Gerste ausgeführten Versuche führten zu einem anderen Resultat, indem sich die Luftfeuchtigkeit sowohl auf die Ausbildung der einzelnen Organe, als auch auf die Produktion der Pflanzen von maßgebendem Einfluß zeigte[1]), wie aus folgenden Zahlen ersichtlich ist:

	Im Mittel pro Pflanze in feuchter Luft	Im Mittel pro Pflanze in trockener Luft
Zahl der Schossen	2,37	2,77
Länge der oberen Pflanze (cm) . . .	13,5	11,5
Länge der Wurzel (cm)	26,8	23,9
Zahl der Blätter	8,3	9,2
Länge der Blätter (cm)	17,9	17,7
Größte Breite des Blattes (mm) . .	6,74	7,33
Breite der Epidermiszellen (mm) . .	0,0249	0,0250
Länge der Spaltöffnungen (mm) . .	0,0386	0,0361
» » Zwischenzellen (mm) . .	0,0769	0,0680
Frischgewicht, Stengel und Blätter (gr)	2,00	2,46
» Wurzel (gr)	1,09	1,34
Trockensubstanz, Stengel und Blätter (gr)	0,124	0,164
» Wurzel (gr) . . .	0,061	0,073.

Aus diesen Daten wird vom genannten Forscher die Schlußfolgerung abgeleitet, daß der Einfluß erhöhter Luftfeuchtigkeit bei sonst gleichen Vegetationsbedingungen sich geltend macht:

1. in einer Verminderung der Bestockung;

2. in größerer Länge der Pflanzen, und zwar nicht nur der oberirdischen Teile, sondern auch der Wurzel;

3. in einer Verminderung der Anzahl der Blätter;

4. in einer Aenderung des Blattbaues, charakterisirt durch größere Länge und geringere Breite der Blätter, bedingt durch größere Längsstreckung und etwas geringere Breite der Epidermiszellen. Die Spaltöffnungen verhalten sich in ihrer Ausbildung gleich den anderen Epidermiszellen;

[1]) Der Versuch dauerte vom 19. August bis 21. September 1874, also 33 Tage.

5. in einer geringeren Menge produzirter Frischsubstanz. Von dieser Frischsubstanz entfällt bei den Pflanzen in feuchter Atmosphäre ein größerer Prozentsatz auf die Wurzel;

6. in einem größeren Wassergehalt der oberirdischen Teile.

Aus anderen, in derselben Richtung angestellten Versuchen ergab sich, daß die mit netzförmiger Aderung versehenen Blätter dikotyler Pflanzen in feuchter Luft in jeder Richtung größer oder auch nicht länger, sondern nur breiter gefunden wurden. Die Blattstiele zeigen in feuchter Luft immer eine bedeutendere Länge gegenüber den in trockener Luft erwachsenen Exemplaren.

Im Weiteren wird von *P. Sorauer* ein Versuch mit Erbsen mitgetheilt, welcher zu dem Zweck angestellt wurde, das Verhalten der Pflanzen in verschieden feuchter Luft während den ersten Entwicklungsstadien zu prüfen. Die jungen Keimpflänzchen wurden in Nährstofflösungen und während eines Zeitraumes von 12 Tagen in der oben beschriebenen Weise in eine feuchte resp. trockene Atmosphäre verbracht. Es stellte sich hierbei, abgesehen von Details, Folgendes heraus:

	Durchschnittspflanze in feuchter Luft	Durchschnittspflanze in trockener Luft
Frischgewicht (gr)	1,241	1,054
Trockensubstanz (gr)	0,107	0,107
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	8,6	10,2
Aschengehalt der Trockensubstanz (%)	10,5	11,7.

Hieraus wäre zu schließen, daß die Pflanzen in feuchter Luft zwar ein größeres Frischgewicht, aber eine viel wasserreichere Substanz gebildet haben, die auch prozentisch ärmer an Asche ist. Weitere mit Lupinus luteus, Ailanthus glandulosa, Robinia Pseud-Acacia von demselben Forscher angestellte Versuche führten zu demselben Ergebniß und zeigten im Uebrigen bezüglich der Lupine, daß die Pflanzen in feuchter Luft durchschnittlich kürzere Wurzeln, längere Stengel und Blattstiele und im Ganzen auch eine größere Blattfläche entwickelt hatten.

Die von *F. C. Tschaplowitz*[1]) ausgeführten Untersuchungen beziehen

[1]) *F. C. Tschaplowitz.* Untersuchungen über die Einwirkung der Wärme und der anderen Formen der Naturkräfte auf die Vegetationserscheinungen. Leipzig. 1882. — Botanische Zeitung 1883. S. 353. — Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik. Bd. IX. 1886. S. 117.

sich auf die Einwirkungen gewöhnlicher Luft und solcher, welche künstlich angefeuchtet wurde. Er benutzte hierbei Kästen oder kleine würfelförmige Vegetationshäuschen, von welchen in dem einen die Luft durch nassen Sand feucht erhalten wurde.

Schon bei einigen früheren Arbeiten[1]) hatte dieser Forscher gefunden, «daß die Neubildung der organischen Substanz nicht immer im gleichen Sinne wie die Verdunstung sich bewegt, daß also mit einem Steigen oder Sinken der letzteren die Assimilation nicht jederzeit ebenfalls zu- oder abnimmt, sondern daß vielmehr oft ein gewisser Antagonismus zwischen der Produktion der Pflanze und ihrer Wasserdampfausgabe besteht». Dafür sprechen die Ergebnisse der mit verschiedenen Pflanzen (Tropaeolum majus, Phaseolus vulgaris, Pisum sativum, Sämlingen von Fraxinus excelsior, Carpinus Betulus, ferner Gossypium herbaceum, Philodendron pertusum, Caladium macrophyllum etc.) ausgeführten Versuche. Einige Daten mögen dies illustriren. Im Voraus sei bemerkt, daß Versuch A am 12. August, B am 17. und C am 21. August begonnen und am 26. August resp. 1. September beendet wurden.

Tropaeolum majus L.

		feuchte Luft (gehemmte Transpiration)	trockene Luft (erhöhte Transpiration)
A.	Frischgewicht, ganze Pflanze	11,803 gr	10,533 gr
	Trockengewicht » »	1,344 »	1,275 »
	Größe der gesammten Blattfläche	368,40 qcm	327,54 qcm.
B.	Frischgewicht, ganze Pflanze	15,864 gr	11,839 gr
	Trockengewicht » »	1,781 »	1,299 »
	Größe der gesammten Blattfläche	460,52 qcm	378,60 qcm.
C.	Frischgewicht, ganze Pflanze	4,744 gr	3,826 gr
	Trockengewicht » »	0,558 »	0,485 »
	Größe der gesammten Blattfläche	160,52 qcm	144,20 qcm.

In einem anderweitigen Versuch mit Erbsen betrug das Gewicht der Trockensubstanz der oberirdischen Organe der bei höherer Dunstsättigung

---

[1]) Wiener Obst- und Gartenzeitung. 1877. S. 169. — Bericht der Naturforscher-Versammlung zu München 1877.

der Luft (63 und 47 % der relat. Feuchtigkeit) erzogenen Pflänzchen nahezu 14 % mehr als dasjenige der betreffenden Organe der in trockenerer Atmosphäre (46 und 39 % der relat. Feuchtigkeit) erwachsenen Individuen.

Diese Ergebnisse geben *Tschaplowitz* zunächst Veranlassung, die Schlußfolgerung abzuleiten, daß die Erhöhung der Dunstsättigung der Luft in Folge der durch dieselbe herabgedrückten Transpiration mit einer bedeutenden Assimilation verknüpft sei. Eine gesteigerte Transpiration, wie solche bei größerer Trockenheit der Luft hervorgerufen wird, wirkt daher nicht immer günstig auf das Produktionsvermögen der Pflanzen ein, sondern vielfach nachtheilig, besonders bei geringem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens. «In den trockenen Sommermonaten darf man ganz allgemein die gesteigerte Transpiration als die nächste Ursache des darniederliegenden Wachsthums unserer Vegetation ansehen.»

Andererseits wird aber in Rücksicht auf die von anderer Seite festgestellte Thatsache, daß eine zu weit gehende Hemmung der Transpiration, hervorgebracht durch übermäßigen Wassergehalt der Atmosphäre, die Assimilation beeinträchtigt, von *Tschaplowitz* der Satz aufgestellt, daß für die Pflanze ein Transpirations-Optimum bestehen muß, bei welchem die Pflanze ihre Funktionen am intensivsten vollzieht, während die Entwicklung derselben eine entsprechende Einbuße erfährt, wenn das Optimum überschritten wird, oder die Transpiration unterhalb desselben verbleibt. Hiernach würde für die Wirkungen der Luftfeuchtigkeit dasselbe Gesetz, nämlich des Minimums, Optimums und Maximums bestehen wie für die übrigen Wachsthumsfaktoren [1]).

Aus diesem Gesetz erklärt sich auch, weshalb in einigen Versuchen von *Tschaplowitz,* welche derselbe im Sommer 1882 mit Bohnen ausführte, die Pflanzen in dem trockeneren Raume besser gediehen als in dem feuchten. Das Transpirations-Optimum dieser Pflanzen liegt wahrscheinlich höher, als die atmosphärische Feuchtigkeit des Sommers erlaubte.

Aus den Versuchen *F. Reinitzer's* [2]) ist zu ersehen, daß die in ganz trockener Luft vegetirenden Pflanzen gegenüber den in wasserdampf-

---

[1]) *E. Wollny.* Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik. Bd. XX. 1897. S. 53.

[2]) *F. Reinitzer.* Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Bd. LXXXIII. Abthlg. I. Januarheft. 1881.

gesättigter Atmosphäre befindlichen eine bedeutende Wachsthumsverzögerung erlitten. Die im feuchten Raum kultivirten Fruchtpflanzen waren zwar wasserreicher, sie besaßen jedoch ein höheres Frisch- und Trockengewicht als die Trockenpflanzen.

J. Vesque[1]), welcher zum Theil gemeinschaftlich mit *Viet* eingehende Beobachtungen über die Veränderungen der oberirdischen Pflanzentheile unter dem Einfluß verschiedener äußerer Einwirkungen anstellte, konstatirte hinsichtlich der vorwürfigen Frage, daß die in feuchter Luft gezogenen Pflanzen längere, weniger garnirte Wurzeln, schmächtigere Stengel mit längeren Stielen und kleineren Flächen aufzuweisen hatten. Die Wandungen der Epidermiszellen zeigten sich weniger undulirt, die Zellreihen des Mesophylls waren etwas weniger zahlreich und ohne Differenzirung zu Palissadenparenchym. Das ganze Gewebe des Blattes zeigte sich von gleichmäßigerer Beschaffenheit, während die Unterschiede zwischen Palissaden- und Schwammparenchym bei den Blättern aus trockener Luft deutlicher hervortraten. Bei den Pflanzen in ziemlich trockener Luft fand man die Stomata auf beiden Seiten des Blattes, aber in größerer Zahl auf der Unterseite als auf der Oberseite. In feuchter Luft stellte sich dieses Verhältniß umgekehrt, insofern die Spaltöffnungen auf der Oberseite zahlreicher wurden. Die Haarbildung wurde in trockener Luft wesentlich gefördert. Die Gefäßbündel waren sowohl hinsichtlich ihres Durchmessers als auch ihrer Zahl nach in der trockenen Luft stärker entwickelt. Dasselbe gilt auch von den Hartbastfasern, die in trockener Luft reichlich vorhanden waren, in der feuchten aber gänzlich fehlten.

F. G. Kohl[1]) weist durch eine stattliche Reihe von Versuchen nach, welchen bedeutenden Einfluß die Luftfeuchtigkeit und die von derselben abhängige Transpirationsgröße auf die Ausbildung der Gewebeelemente der Pflanzen auszuüben vermag. Die ceteris paribus ausgeführten Untersuchungen ergaben, daß die Cuticula und Epidermis an Stengeln und Blättern sich nur verdicken, wenn die umgebende Luft trocken und die Transpiration der Pflanze in Folge dessen eine starke ist, daß solche Verdickungserscheinungen aber ausbleiben, sowie durch Steigerung des

---

[1]) *J. Vesque.* Annales des sciences naturelles. Botanique. T. XII. 1881. p. 167. — Annales agronomiques. T. IX. 1883. p. 481. — T. X. 1884. p. 14.

[2]) *F. G. Kohl.* Die Transpiration der Pflanzen und ihre Einwirkung auf die Ausbildung pflanzlicher Gewebe. Braunschweig. 1886. S. 90—116.

Wassergehaltes der Atmosphäre die Transpiration herabgesetzt wird. *Kohl* sucht diese Thatsache aus den Verschiedenheiten in der Produktion organischer Substanz bei verschiedener Transpirationsgröße zu erklären. Eine stark transpirirende Pflanze produzire relativ mehr organische Substanz als eine schwach transpirirende, was damit zusammenhänge, daß in ersterer mehr zur Assimilation nothwendige Bodensubstanzen zugeleitet würden. Dieser Mehrertrag an produzirten organischen Bildungsstoffen würde gewiß nur zur flächenhaften Vergrößerung der vorhandenen Zellwände verwendet, wenn der Turgor in den Zellen kräftig transpirirender Pflanzen ein starker wäre. Da dieser aber in letzterem Falle kleiner sei als in Pflanzen, welche in feuchter Atmosphäre wachsen, so sei die Annahme gerechtfertigt, daß stark transpirirende Pflanzen die nicht zum Aufbau neuer Zellen verwendete Substanz hauptsächlich zur Membranverdickung in schon vorhandenen Zellen verwendeten. In den in feuchter Atmosphäre wachsenden Pflanzen sei die vom Boden zugeführte Mineralsubstanz geringer, der Turgor in den Zellen aber größer, weshalb die vergleichsweise kleinere Menge erzeugter organischer Substanz hauptsächlich zum Flächenwachsthum und zur Anlage neuer Zellmembranen verwendet werden könne.

Weiters zeigte der Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre einen ausgesprochenen Einfluß auf die Bildung des sogenannten Palissadenparenchyms an Stengeln und Blättern, insofern dasselbe nur unter solchen Oberflächen auftrat, welche lebhaft transpiriren, aber nicht unter solchen, deren Transpiration durch die Feuchtigkeit der umgebenden Luft stark vermindert ist. In trockener Luft bilden die Pflanzen radial gestreckte Epidermiszellen aus, in feuchter Luft dagegen solche, welche die ausgesprochene Neigung haben, sich in tangentialer Richtung zu verlängern. Mit der Verdickung der Epidermiszellen und der Cuticula geht bei vielen Pflanzen eine collenchymatische Ausbildung der äußeren Rindenparenchymschichten Hand in Hand. Das Collenchym verschwindet, wenn die Transpiration durch Sättigung der Luft mit Wasserdampf verhindert wird. Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit äußert sich ferner dadurch, daß die Pflanze in feuchter Atmosphäre weniger und engere Gefäße ausbildet als in trockener und daß, wie schließlich nicht unerwähnt bleiben darf, in letzterem Falle sogar Gewebe entstehen können, z. B. Sklerenchym-Ringe, welche in feuchter Luft ganz fehlen.

Für die Beurtheilung der hier in Rede stehenden Verhältnisse erscheint es zweckmäßig, in dieser Uebersicht der einschlägigen Arbeiten auch die Ergebnisse der von *E. Dombois*[1]) angestellten Versuche kurz zu berühren, aus welchen hervorgeht, daß die Haarbildung bei den Pflanzen in demselben Grade abnimmt, je feuchter die Umgebung ist und vice versa.

E. Godlewski[2]) gelangte in seinen «Untersuchungen über die Beeinflussung des Wachsthums durch äußere Faktoren» zu dem Resultat, daß jede stärkere Verminderung der Luftfeuchtigkeit eine plötzliche, aber vorübergehende Verlangsamung, jede Vergrößerung derselben eine ebensolche Steigerung des Wachsthums zur Folge hat. Bei plötzlicher und sehr großer Verminderung der relativen Feuchtigkeit kann selbst eine Verkürzung der Pflanze eintreten. Durch andauernde höhere Luftfeuchtigkeit wird ein stärkeres und rascheres Wachsthum hervorgerufen als bei andauernder Trockenheit. Diese Unterschiede werden jedoch, wie genauere Beobachtungen schließen lassen, nicht durch solche in der Wachsthumsintensität, sondern durch Aenderungen in dem Turgor hervorgerufen.

Die Versuche von *E. Gain*[3]) waren zunächst dazu bestimmt, den Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf das Wachsthum der Pflanzen festzustellen. Anschließend daran wurden aber von diesem Forscher auch Experimente ausgeführt, in welchen die kombinirten Wirkungen der Boden- und Luftfeuchtigkeit zu bestimmen versucht wurden. Zu diesem Zweck wurden verschiedene Kulturpflanzen in feuchter und trockener Luft, sowie in feuchtem und trockenem Boden kultivirt. Die gewonnenen Resultate ergaben mit großer Uebereinstimmung, daß durch trockenen Boden und feuchte Luft die Blüthe verzögert, durch trockene Luft und feuchten Boden dagegen beschleunigt wird. Demnach ist also für die Blüthenbildung sehr günstig trockene Luft, günstig feuchter Boden, ungünstig trockener Boden und sehr ungünstig feuchte Luft.

---

1) *E. Dombois.* Einfluß der geringeren oder größeren Feuchtigkeit der Standorte der Pflanze auf deren Behaarung. Inaug.-Dissert. Freiburg i. B. Saarbrücken 1887.

2) *E. Godlewski.* Abhandlungen der Krakauer Akademie der Wissenschaften. Math.-naturw. Kl. Bd. XXIII.

3) *E. Gain.* Comptes rendus. T. CXV. 1892. p. 890.

Die Versuche von *A. Lothelier*[1]) betreffen hauptsächlich die Veränderungen, welchen die Stacheln und Dornen bei gewissen Pflanzen unter dem Einfluß verschiedener Luftfeuchtigkeit unterliegen. Zunächst wurden die betreffenden Pflanzentheile während einer Zeitdauer von sechs Wochen mit Glaszylindern umgeben, in welchen durch Anbringung von mit Schwefelsäure oder mit Wasser gefüllten Fläschchen die Luft trocken resp. feucht erhalten wurde (bei Berberis vulgaris verwendet). Späterhin wurden die frei der normalen Luft ausgesetzten Pflanzen mit solchen verglichen, die unter sonst gleichen Verhältnissen einer konstant mit Wasserdampf gesättigten Luft ausgesetzt waren. Es wurden der Untersuchung unterzogen: Berberis vulgaris, Cirsium arvense, Ilex aquifolium, Centaurea Calcitrapa, Robinia Pseud-Acacia, Xanthium spinosum, Ulex europaeus, Genista anglica, Pyracantha vulgaris, Cydonia japonica, Ononis repens, Lycium barbarum, Ruscus aculeatus.

Die behufs Erzielung eines sicheren Resultates größtentheils mehrfach ausgeführten Versuche führten zu folgenden Schlußfolgerungen:

1) Die Feuchtigkeit der Luft wirkt regelmäßig auf die Stengel und Blätter im Allgemeinen, und vornehmlich auf die in Stacheln umgebildeten Pflanzentheile.

2) Der modifizirende Einfluß macht sich sowohl auf den äußeren als auch auf den inneren Bau der Organe geltend.

3) Die Stacheln, mögen sie morphologisch die Bedeutung eines Blattes (Berberis) oder eines Zweiges (Ulex) besitzen, haben in gesättigter Luft die Tendenz, den normalen Typus wieder anzunehmen.

4) Wenn die Stacheln von Organen abstammen, welche für das Leben der Pflanze nicht unerläßlich nothwendig sind, wie die Nebenblätter (Robinia und Xanthium), so haben sie die Neigung, in feuchter Atmosphäre durch Rückbildung zu verschwinden.

5) Im wasserdampfgesättigten Raume sind alle verholzten Elemente, wie die des Gefäß- und Stützgewebes, beträchtlich reduzirt, sowohl an Zahl, als auch hinsichtlich der Verdickung der Zellwandungen. Diese Reduktion erstreckt sich besonders auf das Stereom, welches eine starke Einbuße erleidet.

---

[1]) *A. Lothelier*. Bulletin de la Societé botanique de France. 1890. T. XXXVII. p. 176. — Influence de l'état hygrométrique et de l'éclairement sur les tiges et les feuilles des plantes à piquantes. (Thèses de Paris.) Lille. 1893. p. 59—114.

6) Das Blatt nimmt in gesättigter Luft an Dicke ab, aber an Oberfläche zu. Diese Reduktion erstreckt sich vornehmlich auf ein theilweises oder völliges Verschwinden des Palissadenparenchyms. Die Struktur des Mesophylls hat das Bestreben, homogen zu werden. Außerdem sind die luftführenden Intercellularräume mehr entwickelt, die Spaltöffnungen weniger zahlreich, die Epidermiszellen größer und ausgebuchteter.

7) Der Kork erscheint in feuchter Luft später als in normaler (Lycium). Die äußere Bedeckungsschicht, die immer reduzirt ist, kann völlig verschwinden (Stengel und Blätter von Ulex).

8) Alles zusammengenommen ist die der feuchten Luft ausgesetzte Pflanze weniger differenzirt, besonders was das Stütz-, Assimilations-, Schutz- und Deckgewebe anbelangt.

Bei Durchsicht der im Vorstehenden in Kürze mitgetheilten Versuchsergebnisse zeigt sich, daß dieselben verschiedene Widersprüche aufzuweisen haben. Dies gilt besonders in Bezug auf die Produktion organischer Substanz, welche entweder gar nicht von der Luftfeuchtigkeit beeinflußt werden oder im trockenen Raume mehr als im feuchten oder umgekehrt gefördert sein soll. Dazu kommt die von *Tschaplowitz* aufgestellte Hypothese, nach welcher bei einem bestimmten Sättigungsgrade die Stoffbildung sich am günstigsten gestalten, bei einem höheren oder niederen aber eine Abnahme erfahren soll.

Auch die hinsichtlich der Ausbildung der Organe ermittelten Daten zeigen keine vollständige Uebereinstimmung, da der Einfluß des Feuchtigkeitszustandes der Atmosphäre besonders auf die äußere Gestalt der Pflanzen verschieden angegeben wird. Diese Unterschiede mögen zum Theil darauf zurückzuführen sein, daß die Versuchsanordnung in fast sämmtlichen Arbeiten nicht ganz einwandfrei war. Dies gilt sowohl bezüglich der Zahl der verwendeten Pflanzen, als auch in Ansehung der Zeitdauer der Versuche. Bei der Benützung eines oder nur weniger Pflanzenexemplare kann nur zu leicht die Wirkung des betreffenden Wachsthumsfaktors durch individuelle Verschiedenheiten in der Entwicklungsenergie der Versuchsobjekte verwischt werden. Wenn ferner, wie dies zu allermeist geschehen ist, die Pflanzen nur wenige Wochen (2—6) unter den Einfluß verschiedener Luft gestellt werden, so ist nicht ausgeschlossen, daß einige Pflanzenspezies entweder gar nicht oder nur in geringem Grade reagiren, oder daß bei dem plötzlichen

Wechsel der äußeren Lebensbedingungen Einwirkungen sich geltend machen, die bereits in das Bereich abnormer Wachszustände gehören und demzufolge nicht deutlich den wahren Sachverhalt erkennen lassen.

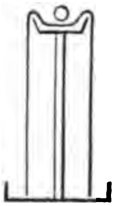
Von derartigen Gesichtspunkten ausgehend, glaubte ich annehmen zu sollen, daß eine nochmalige Untersuchung der hier in Rede stehenden Verhältnisse sich besonders in Rücksicht auf die Lösung der noch bestehenden Widersprüche nützlich erweisen würde. Ich fühlte mich um so mehr dazu veranlaßt, an diese Aufgabe heranzutreten, als sich auf dem Versuchsfelde der technischen Hochschule in München bereits Vorrichtungen befanden, welche sich zur Anstellung exakter Versuche in vorwürfiger Frage besonders geeignet erwiesen, und welche schon in früheren Jahren dazu benutzt worden waren, den Einfluß der atmosphärischen Feuchtigkeit lediglich auf das Produktionsvermögen der landwirthschaftlichen Kulturgewächse festzustellen. Ueber die Art der Ausführung der betreffenden Versuche, sowie über die mittelst derselben erzielten Resultate geben die nachstehenden Zeilen näheren Aufschluß.

Versuchsanordnung.

Die Kultur der Versuchspflanzen wurde in drei auf dem landwirthschaftlichen Versuchsfelde der technischen Hochschule in München befindlichen, aus Holz hergestellten und auf drei Seiten mit großen Glasscheiben versehenen Vegetationshäusern ausgeführt. Dieselben stehen frei auf dem Felde, mit der Front gegen Südosten, auf starken, 70 cm hohen Tischen. Die Entfernung eines Hauses vom anderen beträgt 2 m, so daß sie sich gegenseitig keinen Schatten machen können. Die Dimensionen jeden Hauses sind folgende: vordere Höhe 1,65 m, hintere Höhe 1,31 m, Länge 1,82 m, Breite 0,90 m, wonach sich der Rauminhalt zu ca. 2,4 cbm berechnet.

Um die Luft so weit als möglich mit Wasserdampf zu sättigen, waren in dem einen Hause vor der durch hölzerne Thüren verschließbaren Rückwand zwei starke, aus Zinkblech hergestellte Wellblechplatten von 1,1 m Höhe und 0,85 m Breite aufgestellt, welche mit einer mehrfachen Lage Fließpapier überkleidet und oben mit einer Rinne mit durchlöchertem Boden versehen waren. Behufs gleichmäßiger Verteilung des Wassers waren in den Löchern der Rinne kapillar wirkende, dicke Hanffäden von 3 cm Länge angebracht. Die Wasserzufuhr erfolgte durch fünf ca. 10 Liter fassende *Mariotte*'sche Flaschen, welche auf dem Dach

des Glashauses aufgestellt waren und täglich Morgens und Abends, nach Bedürfnis auch wohl öfter, gefüllt wurden. Das Wasser wurde durch Kautschukschläuche in die Rinne geleitet und zwar in der Weise, daß es in gleichmäßigen Zeitintervallen in größeren Tropfen zugeführt wurde. An dem unteren Rande der Wellblechplatten war eine zweite Rinne angelöthet, welche zur Aufnahme des überschüssigen, nicht verdunsteten



Wassers diente, welches schließlich durch eine nach Außen führende Röhre abgeleitet wurde. Außerdem waren im Raume des Glashauses fünf auf zwei 25 cm hohen Füßen ruhende, trogförmige Zinkblechgefäße von 30 cm Länge aufgestellt, aus welchen beiderseits Fließpapierstreifen von 30 : 25 cm herabhingen, die durch das in jenen Gefäßen befindliche und stets erneuerte Wasser in nassem Zustand erhalten wurden. (Vergleiche den Querschnitt dieser Apparate in nebenstehender Figur).

In einem zweiten Vegetationshaus waren zur künstlichen Austrocknung der Luft zwei, ebenfalls die ganze Rückseite einnehmende, aus starkem Zinkdrahtgeflecht hergestellte Gefäße von 5 cm Querdurchmesser angebracht, welche während der ganzen Dauer der Versuche mit Chlorcalciumstücken gefüllt erhalten wurden. Zur Ableitung der gebildeten Salzlösung dienten Rinnen, welche mit einem Ablaufrohr versehen waren. Ueberdies waren aufgestellt resp. an Drähten aufgehängt fünf Porzellanschalen, in welchen sich gleichergestalt Chlorcalcium befand.

Das dritte Haus enthielt die normale Luft der Außenwelt und war dazu bestimmt, Vergleichsmaterial zu liefern.

Die Luftfeuchtigkeit, gemessen mittelst eines Haarhygrometers von Hottinger & Co. in Zürich, betrug im Durchschnitt:

im feuchten	im mittelfeuchten Raum:	im trockenen
87,97 %	58,46 %	40,77 %

in den einzelnen Perioden, in denen die Pflanzen untersucht wurden:

I. Periode . . .	84,60 %	58,60 %	48,40 %
II. » . . .	82,65 »	49,33 »	33,67 »
III. » . . .	91,60 »	64,60 »	42,80 »
IV. » . . .	92,80 »	61,30 »	37,00 » .

Bezüglich der Temperatur in den drei Glashäusern konnten keine irgendwie in Betracht kommenden Unterschiede wahrgenommen werden,

mit der einzigen Ausnahme, daß in dem feuchten Raume die Luftwärme in einzelnen Fällen 0,5—1,0° C. niedriger war als in dem mittelfeuchten und trockenen. Diese Gleichmäßigkeit der Temperatur erklärt sich aus dem Umstande, daß die Glashäuser von allen Seiten frei standen und an der Front an klaren Tagen der vollen Insolation von Morgens bis Abends ausgesetzt waren. Bei stärkerer Bestrahlung der Häuser während der Hauptwachsthumsperiode wurde durch Anbringung schräg abstehender Rohrmatten vor den Häusern eine theilweise Beschränkung des Lichteinflusses herbeigeführt.

Für die Zuführung frischer Luft in den Vegetationshäusern dienten 4 cm weite Löcher, welche sowohl auf dem Boden als auch an der Rückwand unmittelbar unter dem Dach in größerer Zahl angebracht waren.

Als Pflanzstätte fanden theils zylindrische Zinkblechgefäße von 20 cm Durchmesser und 25 cm Höhe, theils glasirte Blumentöpfe von 15 cm Höhe und 18 cm Durchmesser Verwendung. Diese Gefäße wurden mit der Ackererde des Versuchsfeldes, einem humosen, kalkhaltigen Diluvialsandboden, beschickt, der 50 % derjenigen Wassermenge enthielt, welche er im Maximum zu fassen vermochte, d. h. 20 Gewichtsprozente. Durch tägliches Aufgießen entsprechender Wassermengen wurde in allen Vegetationsgefäßen der inzwischen stattgefundene Verdunstungsverlust ersetzt und das Gewicht der Gefäße auf die frühere Höhe gebracht.

Unter solchen wie den im Bisherigen beschriebenen Verhältnissen befanden sich die Versuchspflanzen unter sonst gleichen Wachsthumsbedingungen mit Ausnahme der Luftfeuchtigkeit, deren Einfluß eben festgestellt werden sollte. Daß in einem so großen Raume, wie ihn die benützten Glashäuser einschließen, die Abänderungen des hygrometrischen Zustandes der Luft nicht in dem Maße bewirkt werden konnten, wie unter einer Glasglocke, ist leicht begreiflich, doch wird dieser Nachtheil bei der gewählten Versuchsanordnung reichlich dadurch paralysirt, daß man in dem größeren Raume die Pflanzen von der Keimung bis zur Reife den abgeänderten Bedingungen aussetzen, sowie daß man mit einer verhältnißmäßig großen Zahl von Pflanzen operiren konnte, wodurch die Versuchsfehler, welche bei Benutzung nur eines oder weniger Exemplare durch individuelle Eigenschaften derselben bedingt sind, auf das geringste Maß herabgedrückt werden.

Als Versuchspflanzen dienten Gerste (Hordeum distichum), Lein (Linum usitatissimum), zottige Wicke (Vicia villosa), Luzerne (Medicago

sativa), Kartoffel (Solanum tuberosum) und Stachelginster (Ulex europaeus). Vor dem Anbau dieser Gewächse, mit welchen meistentheils mehrere Vegetationsgefäße besetzt wurden, erhielt der Boden eine Düngung mit einem Gemisch, welches aus gleichen Theilen Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter zusammengesetzt war. Die Düngermenge betrug 3 gr bei den großen und 1,5 gr bei den kleinen Gefäßen.

Behufs Feststellung des Frisch- und Trockengewichtes in den einzelnen Wachsthumsstadien wurden ca. 10—20 und mehr Pflanzen in den Vegetationsgefäßen dicht über der Erde abgeschnitten und aus der Masse je 3—10 der kräftigsten Exemplare in ein Trockenglas gebracht und gewogen. Hierauf wurden die Pflanzen zur Bestimmung der Trockensubstanz so lange einer Temperatur von 105° C. ausgesetzt, bis sie ein konstantes Gewicht angenommen hatten. Der Aschengehalt wurde durch Verbrennung der trockenen Masse in einem Platintigel festgestellt. Die Ermittelung des Stickstoffgehaltes der Gerstenkörner, sowie des Stärkegehaltes derselben und der Kartoffeln wurde von den Assistenten der technischen Hochschule, Herrn *Dr. Ulrich* resp. Herrn *Dr. Heim,* in liebenswürdiger Weise übernommen, wofür ich denselben an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank ausspreche.

Gleichzeitig mit der Probenahme für die bezeichneten Untersuchungen wurden mehrere Exemplare in gleicher Weise für die mikroskopische Untersuchung ausgewählt, in Fließpapier gewickelt und in Gläser verbracht, welche mit 80 prozentigem Alkohol gefüllt waren.

Ueber die Details der Versuche und die Ergebnisse derselben geben die folgenden Zeilen Auskunft.

Versuchsresultate.

Gerste.

Bei den Kulturversuchen gelangte die unter dem Namen Chevalier-Gerste allgemein bekannte Varietät zur Verwendung. Zur Aussaat kamen möglichst gleichmäßig entwickelte Körner und wurden deren je 54 auf 18 Pflanzstellen in einem Zinkgefäß und je 72 in zwei Thongefäßen ausgesät, also im Ganzen für jedes Haus 126 Körner. Die Keimung verlief in allen drei Häusern ziemlich gleichmäßig, wie sich aus dem Umstande ergiebt, daß die ersten grünen Blättchen zu gleicher Zeit über dem Boden erschienen. Doch schon nach einer Woche konnte man be-

merken, daß die Blättchen in der feuchten Luft ein wesentlich schnelleres Wachsthum zeigten als in der trockenen, während die Färbung der Pflanzen in letzterer eine vergleichsweise viel dunklere war. Diese Unterschiede blieben während der ganzen Vegetationszeit dieselben.

Ueber die Blattdimensionen geben die folgenden Zahlen Aufschluß. Behufs Messung der Blätter wurden zwei Proben und zwar aus jedem Haus je drei der am besten entwickelten Exemplare ausgewählt. Die erste Probenahme erfolgte am 25. Mai 1897, also 35 Tage nach der Aussaat, da diese am 22. April 1897 vorgenommen worden war; die zweite 33 Tage nach der ersten, am 29. Juni 1897. Von einer dritten Probe mußte Abstand genommen werden, da die unteren Blätter bereits abgewelkt waren und sich eine Messung nur ungenau hätte ausführen lassen. Die Messung der Blattfläche wurde in der Weise vorgenommen, daß die Blätter mit Reißnägeln auf Millimeterpapier aufgespannt und deren Konturen auf letzterem aufgezeichnet wurden. Hierauf wurden die Zeichnungen ausgeschnitten und auf einer Analysenwage genau gewogen. Aus dem Gewicht wurde die Blattfläche nach demjenigen eines aus demselben Papier herausgeschnittenen Blattes von genau 10000 qmm Fläche berechnet.

Die nachstehend angeführten Zahlen stellen das arithmetische Mittel der Messungen an je drei Exemplaren dar:

	Pro Pflanze feuchte	mittelfeuchte Luft:	trockene
I. Periode.			
Mittlere Länge eines Blattes (mm)	1606	1370	1500
» Breite » » (mm)	7,20	7,02	5,81
Verhältniß der Breite zur Länge	1 : 223	1 : 195	1 : 258
Blattfläche pro Pflanze (qmm) .	4077	3090	2759
Mittlere Länge der Internodien (mm)	29,9	27,2	2,57.
II. Periode.			
Mittlere Länge eines Blattes (mm)	2486	2310	2110
» Breite » » (mm)	8,5	7,7	7,2
Verhältniß der Breite zur Länge	1 : 292	1 : 300	1 : 293
Blattfläche pro Pflanze (qmm) .	10776	10050	7953
Mittlere Länge der Internodien (mm)	70,5	63,3	52,4.

Aus diesen Zahlen kann Folgendes entnommen werden:

1) Das Längenwachsthum der Pflanzen nimmt mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu, eine Thatsache, die sich aus den die Länge der Internodien angebenden Daten deutlich ergiebt.

2) Die Blätter sind bei den im feuchten Raume gezogenen Pflanzen länger und breiter als in der trockenen Luft und zwar ist die Breite nicht nur absolut, sondern auch relativ, d. h. im Verhältniß zur Blattlänge größer. Es ist demnach ein Ausdehnen des Blattes nach allen Richtungen zu konstatiren.

3) Die Blattfläche ist um so größer, je feuchter die Luft.

Um allenfallsige Unterschiede bezüglich der Produktion organischer Substanz feststellen zu können, wurden dreimal Untersuchungen mit je 10 Pflanzen ausgeführt, und zwar am 27. Mai 1897, 29. Juni und 30. Juli 1897, deren Ergebniß durch folgende Tabelle veranschaulicht wird:

Pro Pflanze	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
I. Periode.			
Frischgewicht (gr)	0,9061	0,6696	0,5178
Trockengewicht (gr)	0,0726	0,0591	0,0454
Aschengewicht (gr)	0,0109	0,0070	0,0068
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	8,01	8,82	8,76
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	1,20	1,04	1,31
» » » der Trockensubstanz	15,01	11,84	14,97
II. Periode.			
Frischgewicht (gr)	4,05	3,60	2,18
Trockengewicht (gr)	0,6963	0,5660	0,3826
Aschengewicht (gr)	0,0448	0,0385	0,0290
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	17,19	15,72	17,55
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	1,10	1,08	1,32
» » » der Trockensubstanz	6,43	6,50	7,58
III. Periode.			
Frischgewicht (gr)	1,5063	1,1252	1,0690
Trockengewicht (gr)	0,7530	0,5014	0,5585
Aschengewicht (gr)	0,0722	0,0437	0,0548
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	49,99	44,56	52,24
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	4,79	3,88	5,12
» » » der Trockensubstanz	9,58	8,71	9,81

Pro Pflanze	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
Ernte-Ergebniß (pro Vegetationsgefäß)			
Gesammtgewicht (gr)	58,901	49,672	48,770
Gewicht von Stroh und Spreu (gr) . .	42,800	37,500	38,000
» der Körner (gr)	16,601	12,172	10,770
Verhältniß der Körner zu Stroh u. Spreu	1 : 2,54	1 : 3,07	1 : 3,52
Anzahl der Halme	55	54	58
» » Körner	682	471	430
Gewicht eines Kornes (gr)	0,0242	0,0258	0,0250

Aus diesen Zahlenreihen ergeben sich nun folgende Schlußfolgerungen:

1) Die Produktion frischer und trockener Substanz seitens der Pflanzen zeigt im Allgemeinen eine mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft gleichlaufende Steigerung.

2) Hinsichtlich des relativen Verhältnisses zwischen Frisch- und Trockengewicht lassen die mitgetheilten Zahlen ein umgekehrtes Verhältniß erkennen, insofern mit zunehmendem Wassergehalt der Luft die prozentischen Trockensubstanzmengen eine Veränderung erfahren. Mit anderen Worten: höhere Luftfeuchtigkeit bedingt einen höheren Wassergehalt in den Pflanzen und umgekehrt.

3) Der prozentische Gehalt der Pflanzen an Asche stellt sich im Großen und Ganzen wie derjenige an Trockensubstanz, d. h. er ist um so größer, je trockener die Luft.

4) Mit der Zunahme des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft geht eine solche in der Körnerbildung Hand in Hand; die bezüglichen Unterschiede sind sehr beträchtlich, wie folgende Zahlen nachweisen:

Relatives Verhältniß der Körnerernte:

feuchte Luft	mittelfeuchte Luft	trockene Luft
154,1	113,0	100,0.

5) Die Strohernten zeigen dasselbe Verhalten wie die Körnerernten.

6) Das Verhältniß dieser beiden Ernteprodukte zu einander machte sich in der Weise geltend, daß in trockener Luft relativ mehr Stroh, in feuchter mehr Körner produzirt wurden.

Was den Gehalt der Körner an Trockensubstanz, Stickstoff und Stärke anbelangt, so ergab die Analyse derselben:

	feuchte Luft	mittelfeuchte Luft	trockene Luft
Trockensubstanz . . .	83,82 %	86,07 %	88,08 %
Stickstoff } in Proz. der	1,16 »	1,11 »	1,21 »
Stärke } Trockensubstanz	52,43 »	52,13 »	55,16 ».

Diese Analysen bestätigen zunächst wiederum die Thatsache, daß der Trockensubstanzgehalt der Pflanzen und Pflanzentheile in geradem Verhältniß zur Trockenheit der Luft steht. Im Uebrigen sprechen sie dafür, daß der relative Gehalt der Körner an Stickstoff und Stärke bei den in trockener Luft gewachsenen Pflanzen ein höherer ist als bei jenen, welche sich in feuchter Luft entwickelt haben.

Bei der Untersuchung des anatomischen Baues der unter dem Einfluß verschiedener Luftfeuchtigkeit entwickelten Pflanzen wurden im Einzelfalle je sechs Messungen, wenn nothwendig, auch eine größere Zahl solcher, vorgenommen. Die in nachstehender Tabelle aufgeführten Daten stellen die Mittelwerthe der in dieser Weise ausgeführten Bestimmungen dar.

Zur Untersuchung der Epidermis und des Blattquerschnittes wurden möglichst gleich entwickelte Blätter und von diesen das in der Mitte gelegene Drittel als Untersuchungsobjekt gewählt. Bei den Stengelquerschnitten wurde die Mitte des dritten Internodiums in der zweiten und dritten Periode einem genaueren Studium unterzogen. Auch bei den zur mikroskopischen Untersuchung benutzten Körnern war eine möglichst gleiche Entwickelung derselben maßgebend.

Die Unterschiede im anatomischen Bau der Epidermis, welche durch die Kultur der Pflanzen in verschieden feuchter Luft hervorgerufen wurden, veranschaulichen folgende Zahlen.

Untersuchtes Objekt Dimensionen in 0,001 mm = 1 μ	I. Periode feucht	I. Periode mittelfeucht	I. Periode trocken	II. Periode feucht	II. Periode mittelfeucht	II. Periode trocken	III. Periode feucht	III. Periode mittelfeucht	III. Periode trocken
1. Obere Epidermis.									
Länge der Epidermiszellen . .	271,80	214,20	207,06	299,88	242,76	228,48	328,75	217,50	192,00
Breite » » . .	39,84	39,27	46,41	29,63	28,56	30,13	20,70	18,92	14,28
Länge der Spaltöffnungen . .	57,12	53,55	53,55	53,55	46,41	42,84	46,76	44,62	41,05
Breite » » . .	33,13	31,67	26,78	25,70	24,99	20,76	24,77	23,20	19,49
Zahl der Spaltöffnungen pro 1 qmm	346	333	293	426	376	320	466	396	373
Zahl der Spaltöffnungen pro Gesammtblattfläche	1 410 642	1 028 970	808 387	4 590 576	3 778 800	2 544 960	5 021 616	3 979 800	2 966 469
Zahl der Haare pro 1 qmm . .	0	4	120	120	146	240	160	266	386
» » » » Gesammtblattfläche	0	12 360	331 080	1 293 120	1 467 300	1 908 720	1 724 160	2 673 300	3 069 858
2. Untere Epidermis.									
Länge der Epidermiszellen . .	725,42	763,41	332,72	714,00	668,00	512,47	662,25	490,75	616,20
Breite » » . .	36,77	32,84	43,41	28,56	21,42	19,63	21,42	18,56	19,63
Länge der Spaltöffnungen . .	57,47	49,98	57,12	50,55	47,58	44,62	46,52	43,91	38,55
Breite » » . .	35,70	21,42	32,70	22,49	19,63	20,70	23,91	18,20	17,85
Zahl der Spaltöffnungen pro 1 qmm	374	346	360	573	522	420	613	507	397
Zahl der Spaltöffnungen pro Gesammtblattfläche	1 524 798	1 069 140	993 240	6 174 648	5 246 100	3 340 260	6 605 688	5 095 350	3 157 341
Zahl der Haare pro 1 qmm . .	26	40	80	133	226	600	142	186	720
» » » » Gesammtblattfläche	106 002	123 600	220 720	1 433 208	2 271 300	4 771 800	1 530 192	1 869 300	5 726 160

Bei näherer Betrachtung dieser Tabelle ersieht man Folgendes:

1) Die Epidermiszellen sind in der feuchten Luft ausnahmslos länger als in der trockenen. Die Breite derselben dagegen weist keine ausgesprochene Gesetzmäßigkeit nach, indem dieselbe in der dritten und zum Theil auch in der zweiten Periode (untere Epidermis) in dem feuchten Raum größer, in der ersten Periode dagegen kleiner war, als in der trockenen Atmosphäre.

2) Die Spaltöffnungen sind ohne Ausnahme nach Länge und Breite bei den in feuchter Luft erwachsenen Pflanzen größer, als bei den im trockenen Raume kultivirten Exemplaren. Was die Zahl der Spaltöffnungen betrifft, so sieht man dieselbe mit steigender Luftfeuchtigkeit zunehmen. Dies gilt nicht nur für die Gesammtblattfläche der Pflanze, sondern auch für die Flächeneinheit.

3) In ganz außerordentlichem Maße macht sich der Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Haarbildung geltend, und zwar in der Weise, daß die Zahl der Haare eine beträchtliche Vermehrung erfährt, in dem Maße als die Luft trockener ist.

Einen vollständigen Einblick in die Abänderungen, welche durch die verschieden feuchte Atmosphäre in dem Bau des Blattes veranlaßt werden, gewähren die Untersuchungen des Querschnittes durch dasselbe, deren Ergebnisse in nachstehender Tabelle aufgeführt sind:

Untersuchtes Objekt	I. Periode			II. Periode			III. Periode		
	feucht	mittelfeucht	trocken	feucht	mittelfeucht	trocken	feucht	mittelfeucht	trocken
Blattquerschnitt									
Dicke des Blattes (μ)	150,65	130,30	129,59	116,38	113,52	111,02	178,50	171,36	156,36
Dicke der oberen Epidermis (μ)	19,99	22,84	30,92	11,06	18,56	21,99	12,49	18,92	23,20
Dicke der unteren Epidermis (μ) . .	19,27	21,42	20,81	17,49	18,20	18,42	17,49	19,27	21,42
Halbmesser der Gefäßbündel (μ) . .	20,50	19,45	19,63	18,20	16,24	15,76	32,13	28,56	27,31
Halbmess. d. Sklerenchymfaserbündel (μ)	5,50	7,67	11,60	9,81	10,71	10,71	14,81	16,06	19,57

Aus diesen Daten wird ersichtlich, daß die Luftfeuchtigkeit auch den inneren Bau des Blattes wesentlich abzuändern vermag und zwar in folgender Weise:

1) Die Dicke des Blattes nimmt mit der Feuchtigkeit der Luft zu. Diese Erscheinung ist aber nicht auf eine größere Anzahl von Zellenlagen, die das Blatt zusammensetzen, zurückzuführen, sondern dieselbe beruht auf dem lockereren Gefüge des Gewebes. Alle Zellen waren in der feuchten Luft größer und die im Schwammparenchym auftretenden Intercellularräume zeigten ebenfalls eine bedeutende Vergrößerung. Eine schwächere Ausbildung oder gar ein Verschwinden des Palissadenparenchyms konnte Verfasser nirgends nachweisen; dasselbe war in der trockenen Luft nicht mehr entwickelt als in der feuchten.

2) Die Dicke der Epidermis wächst mit zunehmender Trockenheit der Atmosphäre. Bei der oberen Epidermis ist dies in stärkerem Maße der Fall als bei der unteren. Bei ersterer beträgt die Dicke in feuchter Luft fast nur die Hälfte von derjenigen, welche an den im trockenen Raume gewachsenen Pflanzen beobachtet wurde. Bei der unteren Epidermis ergeben sich zwar Abänderungen in demselben Sinne, jedoch in wesentlich schwächerem Maße.

3) Die Entwicklung der Gefäße wird in der feuchten Atmosphäre gefördert. Hier sind sie wesentlich weitlumiger als in der trockenen Luft und besitzen weniger stark verdickte Wandungen.

4) Die Ausbildung der Sklerenchymfasern wird in der trockenen Luft bedeutend gesteigert, was namentlich in der ersten Periode deutlich bemerkbar ist.

Die an den Halmen vorgenommenen Messungen lieferten folgende Resultate:

Untersuchtes Objekt	II. Periode			III. Periode		
	feucht	mittelfeucht	trocken	feucht	mittelfeucht	trocken
Stengelquerschnitt						
Durchmesser des Halmes (μ) . . .	3000	3000	2800	3200	2100	1400
Dicke der Epidermis (μ)	10,71	13,56	17,85	11,94	10,71	10,71
Halbmesser der Gefäßbündel (μ) . .	26,78	30,35	23,92	24,99	20,53	23,20

Diese Zahlen vermitteln folgende Thatsachen:

1) Der Durchmesser des Halmes erreicht in der feuchten Luft die größten, in der trockenen Luft die geringsten Dimensionen.

2) Dasselbe Verhältniß findet sich bei den Gefäßbündeln.

3) Die Epidermis weist in der zweiten Periode eine größere Dicke in trockener Luft auf, während in der dritten Periode, in der die Pflanzen bereits reif waren, das Verhältniß sich umkehrt; doch ist hier der Unterschied ein so geringer, daß er wohl durch die in trockener Luft erfolgende stärkere Austrocknung, welche ein gesteigertes Einschrumpfen bedingt, erklärt werden kann.

4) Schließlich wurden Querschnitte durch das reife Korn hergestellt, welche zu dem Ergebniß führten, daß die Dicke der Fruchthülle mit zunehmender Feuchtigkeit der Luft abnimmt, daß dagegen die Mächtigkeit der Kleberschicht wächst:

	feuchte	mittelfeuchte Luft:	trockene
Dicke der Fruchthülle (μ) .	42,84	60,69	67,83
Dicke der Samenschale (μ) .	10,71	10,71	9,99
Dicke der Kleberschicht (μ)	57,12	54,62	49,98.

Wenn trotzdem ein höherer Stickstoffgehalt der Körner in trockener Luft konstatirt werden konnte, so mag dies durch die wesentlich dichtere Lagerung der Aleuronkörner verursacht worden sein. Dieselben lagen hier dicht gedrängt, während sie in der feuchten Luft eine wesentlich losere Lagerung deutlich erkennen ließen.

Zottige Wicke.

Zur Kultur dieser Pflanzen wurden je zwei Blumentöpfe und je ein Zinkgefäß verwendet. In jedem Zinkgefäß gelangten 54 Körner auf 18 Pflanzstellen, in jedem Thontopf 36 Körner auf 12 Pflanzstellen zur Aussaat. Die Keimung verlief in den drei Häusern ziemlich gleichmäßig. Doch schon in kurzer Zeit waren die Pflanzen im feuchten Raume den anderen weit voraus; sie entwickelten größere Blätter, dickere Stengel und auch die Ranken waren kräftiger. Nach 14 Tagen konnte man mit bloßem Auge, noch besser mit einer Lupe erkennen, daß die Blätter und Stengel der in der trockenen Luft gewachsenen Pflanzen bedeutend stärker behaart waren als jene des feuchten Hauses. Auch ließ sich ein Unterschied in der Färbung der Blätter in demselben Sinn wie bei der Gerste deutlich erkennen. Die Blätter waren zwar in der trockenen Luft schwächer entwickelt, doch besaßen sie eine dunklere, sattere Färbung als in der feuchten.

Die angeführten Verschiedenheiten blieben während der ganzen Entwickelung der Pflanzen bestehen.

Die Wicke wurde am 22. April 1897 gesät und am 18. August 1897 geerntet. Behufs Feststellung der Mengen gebildeter organischer Substanz fanden drei Probeentnahmen von jedesmal je 5 Pflanzen und zwar der am besten entwickelten statt; die erste Probe nach 35 Tagen — am 27. Mai 1897, die zweite nach weiteren 33 Tagen — am 29. Juni 1897 und die dritte 28 Tage nach der zweiten — am 27. Juli 1897. Die betreffenden Pflanzen wurden den Blumentöpfen entnommen. Die in der Reife (IV. Periode) geernteten Pflanzen stammten aus den Zinkgefäßen, in welchen die Pflanzen bis zur Beendigung des Versuches unberührt geblieben waren.

Daß die bei der Trockensubstanzbestimmung und Veraschung gewonnenen Daten mit den bei der Gerste gefundenen Resultaten in vollem Einklang stehen, beweist folgende Tabelle:

Pro Pflanze	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
I. Periode.			
Frischgewicht (gr)	0,2881	0,2004	0,2060
Trockengewicht (gr)	0,0316	0,0241	0,0260
Aschengewicht (gr)	0,0049	0,0028	0,0027
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	10,96	12,02	12,62
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	1,70	1,39	1,31
» » » der Trockensubstanz	15,50	11,61	10,38
II. Periode.			
Frischgewicht (gr)	2,5196	1,8258	1,7288
Trockengewicht (gr)	0,2960	0,2594	0,2434
Aschengewicht (gr)	0,0374	0,0328	0,0314
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	11,74	14,20	14,07
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	1,48	1,78	1,81
» » » der Trockensubstanz	12,63	12,64	12,90
III. Periode.			
Frischgewicht (gr)	3,5260	2,8120	2,5390
Trockengewicht (gr)	0,4860	0,3910	0,3710
Aschengewicht (gr)	0,0450	0,0330	0,0436
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	13,78	13,90	14,61
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	1,27	1,17	1,71
» » » der Trockensubstanz	9,26	8,43	11,73

Pro Pflanze	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
IV. Periode (reif).			
Gewicht der grünen Pflanze (gr) . .	4,964	3,808	3,563
» » lufttrockenen Pflanze (gr)	1,210	0,964	0,983
Trockensubstanz in % der grünen Pflanze	24,37	25,31	27,58
Gewicht der Körner (gr)	0,153	0,192	0,226
» des Strohs (gr)	1,057	0,772	0,751
Verhältniß der Körner zum Stroh . .	1 : 6,908	1 : 4,020	1 : 3,323

Diese Zahlen beweisen im Allgemeinen eine absolut höhere Produktion von Frischsubstanz, Trockensubstanz und Asche in der feuchten Luft nach, wogegen der relative Gehalt der Pflanzen an Trockensubstanz und Asche im trockenen Raume ein wesentlich größerer ist. Eine einzige Ausnahme macht der auf Trockensubstanz berechnete prozentische Aschengehalt in der ersten Periode.

Im Reifezustande zeigte sich die Menge der produzirten grünen und trockenen Pflanzensubstanz im Allgemeinen um so geringer, der relative Gehalt der Trockensubstanz um so größer, je trockener die Luft war. Die Wägung der beiden Hauptbestandtheile der Ernte ergab, daß der Strohertrag mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft eine Steigerung erfuhr, während die Körnerernten sich umgekehrt verhielten. Das relative Verhältniß der Körner (= 1) zum Stroh war dem bei der Gerste gefundenen entgegengesetzt, d. h. das Gewicht der vegetativen Organe war im Vergleich zu demjenigen der reproduktiven relativ um so größer, je größer der Wassergehalt der Luft.

Bei der Untersuchung des anatomischen Baues wurde nur auf die Entwickelung der Haare, ihre Zahl und Größenverhältnisse, sowie auf die Ausbildung der Spaltöffnungen Bedacht genommen. Das hierbei verwendete Material war gleichzeitig mit der dritten Probenahme gewonnen und, wie die Gerste, in 80 prozentigem Alkohol aufbewahrt worden. Die nachstehende Tabelle giebt über die hierbei konstatirten Unterschiede Aufschluß:

Untersuchtes Objekt	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
1. Obere Epidermis.			
Zahl der Haare pro 1 qmm	134	213	320
Länge der Haare (μ)	1072,5	885,0	787,5
Mittlerer Durchmesser der Haare (μ) .	17,85	16,77	16,77
Zahl der Spaltöffnungen pro 1 qmm .	392	353	294
2. Untere Epidermis.			
Zahl der Haare pro 1 qmm	200	280	426
Länge der Haare (μ)	1012,5	900,0	817,5
Mittlerer Durchmesser der Haare (μ) .	16,42	16,42	16,06
Zahl der Spaltöffnungen pro 1 qmm .	448	378	364

Aus diesen Daten dürften sich folgende Schlußfolgerungen ergeben:

1) Die Behaarung der Blätter nimmt sowohl auf der Unter- wie Oberseite mit zunehmendem Wassergehalt der Atmosphäre derartig ab, daß sie im wasserdampfgesättigten Raume noch weniger als die Hälfte derjenigen der in trockener Luft erwachsenen Blätter beträgt. Die Pflanze sucht sich offenbar durch ein dichteres Haarkleid gegen die allzu große Wasserverdunstung in trockener Luft zu schützen.

2) Die Länge der einzelnen Haare ist in der feuchten Luft größer als in der trockenen.

3) Der Durchmesser der Haare ist bei verschiedener Luftfeuchtigkeit absolut annähernd der gleiche, während er im Verhältniß zur Länge der Haare bei trockener Beschaffenheit der Luft vergleichsweise größere Dimensionen annimmt.

4) Die Zahl der Spaltöffnungen ist in dem Grade vermehrt, als die Luft größere Feuchtigkeitsmengen in sich schließt.

Luzerne.

Bei dem Anbau der Luzerne, welche in je einem Vegetationsgefäß aus Zinkblech erfolgte, wurden drei Gramm möglichst gleichmäßig entwickelter Körner pro Gefäß breitwürfig ausgesät. Auch bei dieser Pflanze traten bezüglich des Keimens keine Abweichungen hervor; erst nach ca. 14 Tagen machten sich dieselben Unterschiede bemerklich wie bei der Gerste und der zottigen Wicke. Ebenso war bei der Luzerne in analoger Weise wie bei letzteren Pflanzen das Wachsthum in der feuchten Luft ein vergleichsweise intensiveres. Bezüglich der Farbe der ober-

irdischen Organe wiederholten sich dieselben Unterschiede wie bei den im Bisherigen in Betracht gezogenen Versuchspflanzen.

Bei Bestimmung der Unterschiede in der Produktion organischer Substanz wurden drei Mal je 10 der am besten entwickelten Pflanzen einer Trocknung und Veraschung unterzogen und zwar am 3. Juni 1897 — die Aussaat hatte am 22. April 1897 stattgefunden — 1. Juli 1897 und 4. August 1897.

Die sich dabei ergebenden Resultate sind durch folgende Zahlenreihen veranschaulicht:

Pro Pflanze	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
I. Periode.			
Frischgewicht (gr)	0,3017	0,1850	0,1586
Trockengewicht (gr)	0,0289	0,0213	0,0199
Aschengewicht (gr)	0,0029	0,0020	0,0015
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	9,57	11,51	12,54
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	0,96	1,08	0,94
» » » der Trockensubstanz	10,03	9,38	7,53
II. Periode.			
Frischgewicht (gr)	0,8340	0,7195	0,7269
Trockengewicht (gr)	0,1372	0,1063	9,1265
Aschengewicht (gr)	0,0154	0,0133	0,0166
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	16,45	14,77	17,40
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	1,84	1,84	2,28
» » » der Trockensubstanz	11,22	12,54	13,12
III. Periode.			
Frischgewicht (gr)	2,5930	2,1610	1,5800
Trockengewicht (gr)	0,4770	0,4220	0,3010
Aschengewicht (gr)	0,0498	0,0460	0,0360
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	18,39	19,52	19,05
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	1,92	2,12	2,27
» » » der Trockensubstanz	10,43	10,89	11,96

Durch diese Daten werden die im Bisherigen mitgetheilten Versuchsresultate vollständig bestätigt, insofern sich die Produktion pflanzlicher Substanz mit zunehmender Luftfeuchtigkeit vermehrte, der prozentische Gehalt an Trockensubstanz und Asche das entgegengesetzte Verhalten zeigte.

Die mikroskopische Untersuchung erstreckte sich auf die Blätter und den Stengel der Pflanzen.

Die Behaarung der Blätter war in allen drei Fällen eine so schwache, daß sie zahlenmäßig sich nicht genau ermitteln ließ. So weit es möglich war, konnte aber doch nachgewiesen werden, daß sie in der trockenen Luft eine dichtere war.

Die Epidermiszellen waren in der feuchten Luft größer; bezüglich der Einbuchtungen derselben war ein Unterschied nicht zuverlässig nachweisbar. Die Spaltöffnungen ließen dagegen Unterschiede nachweisen, und zwar in der Richtung, daß dieselben in der feuchten Luft vergleichsweise eine größere Länge und Breite besaßen. Was ihre Zahl pro qmm Blattfläche anbelangt, so lassen die nachstehenden Zahlen deutlich erkennen, daß die Blätter von den in der feuchten Luft kultivirten Pflanzen sowohl auf der Unter- wie Oberseite mit mehr Spaltöffnungen versehen sind, als dies bei den im trockenen Raume gewachsenen Exemplaren der Fall ist.

Zahl der Spaltöffnungen pro 1 qmm	feuchte	mittelfeuchte	trockene Luft:
Obere Epidermis	224	210	168
Untere »	392	381	322.

Von tiefer greifendem Einfluß zeigte sich die atmosphärische Feuchtigkeit auf die Entwickelung der Stengelorgane der Pflanze:

1) Es ließ sich deutlich feststellen, daß der Durchmesser des Stengels mit zunehmender Feuchtigkeit der Luft wächst.

2) Die Epidermis hingegen zeigte gerade das umgekehrte Verhältniß, indem bei dieser eine Dickenzunahme mit sinkender Luftfeuchtigkeit stattfindet.

3) Das Markgewebe ist in der feuchten Luft in größerem Maßstabe entwickelt. Es sind hier sowohl die einzelnen Zellen als auch die zwischen ihnen befindlichen Intercellularräume viel weiter als in der trockenen Luft.

4) Das Xylem besitzt seine stärkste Entwickelung in der trockenen Luft. In dieser sind mehr Zellenlagen ausgebildet und die Zellwandungen sind sehr stark verholzt, so daß der Xylemtheil viel englumiger ist als in der feuchten Luft, wo weniger Zellen sich vorfinden, die aber in Folge der schwachen Verholzung der Zellwände vergleichsweise größer und weiter erscheinen.

5) Am Auffälligsten trat der Einfluß der Luftfeuchtigkeit in der Entwickelung des Sklerenchymringes hervor. Dieser war in der trockenen Luft rings der ganzen Peripherie des Stengelquerschnittes in einer Stärke von 3—4 Zellenlagen entwickelt und trat bei der Behandlung des Schnittes mit Chlorzinkjod deutlich hervor. Bei den in normaler Luft entwickelten Pflanzen ließ er sich nur auf ca. 2/3 der Peripherie nachweisen, während auf dem übrigen Drittel die Zellen nur stärker ausgebildete Wandungen zeigten. In der feuchten Luft aber verschwand er fast vollständig; er konnte nur auf kaum 1/4 des Umkreises in einer Stärke von 1—2 Zellenlagen erkannt werden; auf einem weiteren Viertel ließen sich noch Spuren des auszubildenden Sklerenchymringes wahrnehmen, aber auf der übrigen Hälfte der Stengelperipherie war auch von diesen Andeutungen nichts mehr zu sehen.

Nachstehende Zahlen mögen zur Illustration vorstehender Angaben dienen:

Untersuchtes Objekt	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
Stengelquerschnitt.			
Durchmesser des Stengels (μ)	1178,10	1113,84	1003,88
Dicke des Xylems (μ)	59,97	71,04	79,61
» » Sklerenchymringes (μ) . .	24,99	31,77	33,56
» der Epidermis (μ)	20,71	26,06	29,63

Lein.

Der Lein gelangte am 22. April 1897 in je einem Zinkgefäß und je zwei Thontöpfen zum Anbau. Zur Aussaat kamen 3 resp. 1,5 gr des besten Saatgutes. Auch beim Lein verlief der Keimungsprozeß und das Aufgehen der Saat ganz gleichmäßig; bald jedoch überholten auch hier die Pflanzen in der wasserdampfreichen Atmosphäre die anderen um ein Beträchtliches und behielten diesen Vorsprung während der ganzen Dauer des Versuches bei. Dafür sprechen unter Anderem die Längenmessungen, welche gleichzeitig mit den Probeentnahmen zwecks Trocknung und Veraschung vorgenommen wurden. Es ergaben sich folgende Zahlen für die Länge (cm) der Leinpflanzen:

	feuchte	mittelfeuchte Luft:	trockene
für die I. Periode . . .	17,60	16,42	14,38
» » II. » . . .	60,53	54,32	59,00
» » III. » . . .	76,65	69,20	68,45.

Es waren somit zu Ende des Wachsthums die Pflanzen in der feuchten Luft um 8,2 cm länger geworden als die im trockenen Raume gewachsenen.

Bezüglich der Farbe der Blätter zeigten sich auch hier dieselben Unterschiede wie bei der Gerste, Wicke und Luzerne, wenn auch etwas weniger deutlich.

Am 20. Juni 1897 mußten die Zinkgefäße aus den Häusern entfernt werden, da die Pflanzen in der feuchten Luft durch Pilze gelitten hatten, somit zur Anstellung genauer Vergleiche unbrauchbar wurden. Die Pflanzen in den Thongefäßen waren nicht befallen und fanden daher zur Fortsetzung des Versuchs Verwendung.

Behufs Feststellung der Quantität produzirter organischer Substanz wurden drei Probeentnahmen vorgenommen und zwar am 29. Mai 1897, 1. Juli 1897 und 30. Juli 1897; die übrig gebliebenen Pflanzen wurden am 18. August 1897 zur Bestimmung des Ertrages im reifen Zustand geerntet. Bei den ersterwähnten Probeentnahmen wurden je 20 der bestentwickelten Pflanzen, zur Ermittlung des Ernteergebnisses je 100 verwendet. Die hierbei gemachten Beobachtungen giebt die folgende Tabelle an:

Pro Pflanze	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
I. Periode.			
Frischgewicht (gr)	0,1761	0,1303	0,1241
Trockengewicht (gr)	0,0152	0,0137	0,0112
Aschengewicht (gr)	0,0016	0,0015	0,0014
Trockensubstanz in % des Frischgewichtes	8,54	10,47	8,98
Aschengehalt in % des Frischgewichtes	0,88	1,15	1,12
» » » der Trockensubstanz	10,29	10,98	12,55

Pro Pflanze	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
II. Periode.			
Frischgewicht (gr)	0,5824	0,3677	0,2526
Trockengewicht (gr)	0,1438	0,1107	0,0674
Aschengewicht (gr)	0,0125	0,0109	0,0060
Trockensubstanz in °/₀ des Frischgewichtes	24,69	30,10	26,68
Aschengehalt in °/₀ des Frischgewichtes	2,14	2,96	2,37
» » » der Trockensubstanz	8,69	9,84	8,90
III. Periode.			
Frischgewicht (gr)	1,1314	0,7738	0,9731
Trockengewicht (gr)	0,2228	0,1601	0,2179
Aschengewicht (gr)	0,0168	0,0133	0,0150
Trockensubstanz in °/₀ des Frischgewichtes	19,69	20,80	22,39
Aschengehalt in °/₀ des Frischgewichtes	1,48	1,71	1,54
» » » der Trockensubstanz	7,54	8,30	6,88
IV. Periode (Reife).			
Frischgewicht (gr)	0,6720	0,5800	0,6230
Trockengewicht (gr)	0,1665	0,1785	0,1643
Trockensubstanz in °/₀ des Frischgewichtes	24,78	30,78	26,37
Ertrag an Körnern (gr)	0,0135	0,0265	0,0202
» » Stroh und Spreu (gr) . . .	0,1530	0,1520	0,1440
Verhältnis der Körner zum Stroh . .	1 : 11,33	1 : 5,73	1 : 7,12

Mit Ausnahme der bei mittelfeuchter Luft ermittelten Daten, welche wahrscheinlich in Folge eines unbekannten störenden Einflusses eine Abweichung von der allgemeinen Regel zeigen, lassen sich im Uebrigen bezüglich der Produktion von Frisch-, Trockensubstanz und Aschengewicht, sowie des Verhältnisses dieser Bestandtheile zu einander, dieselben Gesetzmäßigkeiten erkennen, welche bei den übrigen Gewächsen gefunden wurden.

Was die durch den Einfluß des verschiedenen Feuchtigkeitsgehalts der Luft hervorgerufenen anatomischen Veränderungen betrifft, so fallen die bezüglichen Resultate vollständig mit den bisher gewonnenen zusammen. Ganz besonders traten Abweichungen im Bau des Stengels in die Erscheinung, welcher einer genaueren Untersuchung unterzogen wurde. Es ergab sich dabei, daß der Durchmesser des Stengels immer am größten in der feuchten Luft war. Hier erreichten auch die einzelnen Zellen nicht nur die größten Dimensionen, sondern sie zeigten im Gegensatz zu

dem sehr gedrängten Gefüge der gesammten Zellen der Pflanzen, welche der trockenen Luft entstammten, einen loseren, gewissermaßen schwammigeren Zusammenhang.

Die Dicke der Epidermis erwies sich durch alle drei Perioden und bei den Pflanzen aus den drei Häusern vollständig gleich. Dagegen zeigte die Cuticula große Abweichungen in dem Sinne, daß sie in der trockenen Luft die mächtigste Entwickelung erreichte.

Die am stärksten hervortretenden Abänderungen hatten aber die Sklerenchymfasern erlitten. Sie verminderten sich zwar nicht in dem Maße, wie dies bei der Luzerne beobachtet werden konnte, auch war von einem theilweisen Verschwinden derselben keine Rede, ebenso zeigten sie sich auch in der feuchten Luft im ganzen Umkreise des Querschnittes entwickelt; aber ihre Zahl war in der feuchten Luft wesentlich geringer als in der trockenen. Die Hauptverschiedenheiten bestanden aber in den Dimensionen der einzelnen Fasern und namentlich in dem Grade der Verholzung der Zellwände. Der Durchmesser der quergeschnittenen Fasern zeigte sich in der trockenen Luft beträchtlich größer, in der dritten Periode um mehr als das Doppelte gegenüber den im feuchten Raum gewonnenen Fasern. Dasselbe Verhältniß, nur noch stärker ausgeprägt, findet sich in der Wandverdickung der einzelnen Fasern. Dieselbe ist in der trockenen Luft doppelt und darüber (III. Periode) so groß als bei den Pflanzen, welche in der feuchten Luft gezogen wurden. In der dritten Periode verschwand in der trockenen Luft das innere Lumen der Zellen fast gänzlich.

Die Richtigkeit vorstehender Angaben erhellt aus folgenden Zahlen:

Untersuchtes Objekt	I. Periode			II. Periode			III. Periode		
	feucht	mittelfeucht	trocken	feucht	mittelfeucht	trocken	feucht	mittelfeucht	trocken
Stengelquerschnitt.									
Dicke des Stengels (μ)	870	757	722	1162	1218	975	1209	1105	832
Durchmesser d. Sklerenchymfasern (μ) .	17,85	19,63	21,42	18,02	24,99	28,56	21,42	28,56	43,84
Stärke der Wandverdickung der Sklerenchymfasern (μ) .	3,57	6,40	7,14	6,57	10,71	13,80	6,91	7,14	14,28
Dicke der Epidermis (μ)	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42	21,42
Dicke der Cuticula (μ)	2,94	3,68	5,82	3,25	4,80	7,14	4,12	5,12	7,14

Kartoffel.

In den mit der Kartoffel angestellten Versuchen konnte naturgemäß nur eine beschränkte Zahl von Pflanzen erzogen werden, weshalb von einer Untersuchung in den verschiedenen Entwickelungsstadien Abstand genommen werden mußte. Der Einfluß der Luftfeuchtigkeit wurde lediglich durch Feststellung des Ernteergebnisses und des anatomischen Baues der oberirdischen Organe gegen die Reife hin zur Darstellung zu bringen versucht. In jedem Vegetationsgefäß (von Zinkblech) wurden je fünf kleine, gleich große Knollen der unter dem Namen «Reichskanzler» bekannten Varietät 10 cm tief ausgelegt (22. April 1897).

Während in der trockenen Luft die ersten Blättchen bereits am 12. Mai 1897 über der Erde erschienen, zeigten sie sich in dem feuchten Raume erst am 19. Mai 1897 und in der mittelfeuchten Atmosphäre erst am 21. Mai 1897. Doch bald hatten die Pflanzen in der feuchten Luft die anderen eingeholt und waren Anfangs Juni die Pflanzen in allen drei Häusern ziemlich gleich. Von da an erlangten die Pflanzen in der feuchten Luft einen Vorsprung, wenigstens hinsichtlich der Blattentwickelung.

Ganz besonders scharf trat der Unterschied in der Farbe der Blätter hervor, indem diese in trockener Luft um mehrere Nüancen dunkler war als im feuchten Raume.

Bei der am 15. September 1897 vorgenommenen Ernte zeigten sich folgende Unterschiede:

Ernteergebniß der Kartoffel.

Pro Pflanze	Anzahl der Triebe	Gewicht der Stengel u. Blätter			Anzahl der Knollen				Gewicht der Knollen			
		grün	trocken	Trockensubstanz %	große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Feuchte Luft	4,0	36,2	4,70	**12,98**	0,4	0,8	3,6	**4,8**	12,0	13,2	12,7	**37,9**
Mittelfeuchte Luft	3,0	44,3	6,06	**13,67**	0,2	1,2	1,8	**3,2**	6,0	20,0	8,7	**34,7**
Trockene Luft	1,8	46,2	7,10	**15,36**	0,2	0,6	1,8	**2,6**	9,4	11,6	9,9	**30,8**

Zunächst wird aus diesen Zahlen ersichtlich, daß auch bei den Kartoffeln, wie bei den bisher aufgeführten Pflanzen, die oberirdischen Organe um so wasserreicher sind, je feuchter die atmosphärische Luft ist. Dagegen zeigen die Resultate, welche sich auf das Gewicht der Stengel und Blätter beziehen, von den früheren eine wesentliche Abweichung, indem bei den Kartoffelpflanzen die betreffenden Werthe in einem umgekehrten, bei allen übrigen Gewächsen in einem geraden Verhältniß zur Luftfeuchtigkeit standen. Es muß diese Thatsache um so mehr auffallen, als die Zahl der Triebe und die Blattentwickelung mit den in der Luft enthaltenen Wassermengen steigt und man demgemäß eine gleichsinnige Erhöhung des Gesammtgewichts hätte erwarten sollen. Es mag dies darauf beruhen, daß die Stengel zu Ungunsten der Blätter in der trockenen Luft mehr ausgebildet waren als in der feuchten[1]). Nach den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen wird aber die Annahme, daß besondere unbekannte Ursachen fragliche Abweichung hervorgerufen haben, größere Wahrscheinlichkeit für sich haben.

Die Produktion an Knollen, sowohl der Zahl als dem Gewicht nach, zeigte eine regelmäßige Zunahme mit den in der Luft enthaltenen Feuchtigkeitsmengen. Dafür, daß auch die Qualität der Knollen in derselben Richtung beeinflußt wurde, sprechen folgende Zahlen:

Stärkegehalt der frischen Knollen:

feuchte Luft	mittelfeuchte Luft	trockene Luft
17,22 °/o	17,00 °/o	12,86 °/o.

Die Stärkebildung war sonach in der feuchteren Luft eine ungleich bessere als in der trockenen.

Bei der mikroskopischen Untersuchung wurde besonders auf die Ausbildung der Haare und Spaltöffnungen auf den Blättern und auf die am Querschnitte des Stengels bemerkbaren Unterschiede das Augenmerk gerichtet. Die dabei erzielten Resultate bilden im Wesentlichen eine Bestätigung dessen, was bei der Gerste, Wicke und Luzerne gefunden wurde.

Schon mit unbewaffnetem Auge ließ sich eine stärkere Behaarung der Pflanzen in der trockenen Luft erkennen. Unter dem Mikroskop wurde beobachtet, daß unter solchen Umständen nicht nur mehr Haare

[1]) Außerdem sei darauf hingewiesen, daß die Pflanzen in der feuchten Luft bei der Ernte bereits vollständig abgewelkt, während sie im trockenen Raume noch frisch und grün waren.

auf 1 qmm vorhanden waren, sondern auch, daß dieselben größere Dimensionen, namentlich was die Länge anlangt, besaßen als bei höherem Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Die Anzahl der Zellen, aus denen das einzelne Haar gebildet war, war in den verschieden feuchten Räumen die gleiche. Die Zahl der Spaltöffnungen nimmt auch bei den Kartoffelblättern mit dem Sättigungsgrade der Luft zu und ab.

Für vorstehende Angaben liefern die Daten der folgenden Tabelle die erforderlichen Belege:

Untersuchtes Objekt	Feuchtigkeitsgehalt der Luft		
	feucht	mittelfeucht	trocken
1. Obere Epidermis.			
Zahl der Haare pro 1 qmm	21,00	28,01	35,01
Durchschnittliche Länge der Haare (μ)	716,81	735,42	756,84
» Breite » » (μ)	64,24	59,97	62,84
Zahl der Spaltöffnungen pro 1 qmm .	462,11	427,17	392,15
2. Untere Epidermis.			
Zahl der Haare pro 1 qmm	84,03	105,04	161,06
Durchschnittliche Länge der Haare (μ)	411,26	486,94	489,30
» Breite » » (μ)	28,56	28,56	34,27
Zahl der Spaltöffnungen pro 1 qmm .	1267,50	1064,42	812,32

Bei einem Querschnitt durch den Stengel konnte festgestellt werden:

1) Daß der Durchmesser des Stengels um so größer ist, je stärker die Luft mit Wasserdampf gesättigt ist;

2) daß das Xylem ein entgegengesetztes Verhältniß zeigt, indem es um so stärker entwickelt ist, um so stärker verdickte Zellwandungen besitzt, und die Lumina der einzelnen Gefäße um so enger sind, je trockener die Atmosphäre ist;

3) daß das Rindenparenchym und das collenchymatische Gewebe an Mächtigkeit mit steigendem Feuchtigkeitsgehalt der Luft abnehmen und daß namentlich die Zellen des Rindenparenchyms in der trockenen Luft mit starken Wandungen versehen sind;

4) daß die Sklerenchymfasern in der feuchten Luft nur hin und wieder vereinzelt oder höchstens in Gruppen von 2—3 Zellen auftreten, wohingegen in der trockenen Luft ein — wenn auch mit zahlreichen Unterbrechungen versehener — Sklerenchymring mit ziemlicher Deutlichkeit sich nachweisen läßt;

5) daß in dem Stengel Stärkekörner in um so größerer Zahl auftreten, je weniger Wasser in der Luft enthalten ist. Die Stärke trat in den Stengeln der Pflanzen, die in feuchter Luft gewachsen waren, nur in der Nähe der Stengelknoten in relativ geringer Menge auf, während in der Mitte der Internodien meist keine Stärkekörner oder nur eine geringe Zahl derselben (3—6) gefunden wurden. Auch befanden sich hier die Stärkekörner nur in der Nähe größerer Gefäße im Mark- und Rindenparenchym. Ganz anders gestalteten sich die Verhältnisse bei den im trockenen Raume kultivirten Exemplaren. Bei diesen waren das ganze Mark und die inneren Rindenparenchymschichten, besonders nach dem Xylem hin, so dicht mit Stärkekörnern erfüllt, daß diese Zellen nach Behandlung der Schnitte mit Jod ganz schwarz aussahen. Zwar wurde auch bei diesen Individuen die Menge der Stärke nach der Mitte des Internodiums zu geringer, aber sie trat doch in wesentlich stärkerem Grade auf als in den gleichen Partieen der stärkereichsten im feuchten Raum erzogenen Exemplaren.

Diese Anhäufung der Stärke in den Stengeln ist ein untrügliches Zeichen dafür, daß in der trockenen Luft der Transport des in den Blättern sich bildenden Assimilationsproduktes in außergewöhnlichem Grade erschwert ist, ohne Zweifel in Folge der durch die beträchtliche Verdunstung hervorgerufenen Verminderung des Wasservorraths in der Pflanze. Das geschilderte Verhalten der Stärke ist aber auch gleichzeitig die Ursache der Erscheinung, daß die in wasserarmer Luft gebildeten Knollen weit geringere Stärkemengen enthalten als die bei höherem Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre entwickelten.

Stachelginster.

Die Anregung zur Anstellung eines Versuches mit Ulex europaeus gab die eingangs zitirte Arbeit von *Lothelier*. Dieser Forscher konnte so tiefgreifende Abänderungen durch Kultur der Pflanze unter einer Glasglocke, in der die Luft beständig mit Wasserdampf gesättigt war, erzielen, daß es von Interesse schien, zu untersuchen, inwieweit die beobachteten Abänderungen auch in den drei Glashäusern sich geltend machen würden.

Bei Einleitung der einschlägigen Versuche gelangten am 22. April 1897 in je einem Vegetationsgefäß aus Zink ca. 300 Samenkörner zur

Aussaat, von denen jedoch nur in der feuchten Luft 40, in der mittelfeuchten 37 und in der trockenen Luft 42 Pflanzen erzogen werden konnten. Die Keimung und das Aufgehen verlief in allen drei Gewächshäusern gleichmäßig, aber ebenso wie die spätere Entwickelung der Pflanzen sehr langsam. Die größten Pflanzen waren bei der Ernte am 18. September 1897 25 cm hoch geworden.

Zu diesem Termin konnten nun in der That bei einigen Pflanzen die von *Lothelier* geschilderten Veränderungen nachgewiesen werden, etwa bei 12,5%. Die übrigen zeigten mannigfache Uebergänge, näherten sich aber im Allgemeinen der gewöhnlichen Form der Spezies. Es wurden drei der ausgesprochensten Vertreter, alle drei von gleicher Größe, möglichst dicht über der Erde abgeschnitten und photographirt. Auf der dieser Abhandlung beigegebenen Tafel (I) sind die Unterschiede in der Entwickelung der oberirdischen Organe deutlich erkennbar. Die Pflanze links entstammt der feuchten, die rechts der trockenen und die in der Mitte der mittelfeuchten Luft. Wie man sieht, ist die in der feuchten Luft erzogene Pflanze mit dicht behaarten, aber vollständig regelmäßig ausgebildeten Blättern versehen; wenn dazwischen noch Stacheln auftreten, so sind dieselben ganz weich und biegen sich beim geringsten Druck gegen die Spitze um. Das dem trockenen Raum entnommene Exemplar hat ein weniger stark entwickeltes Haarkleid, es besitzt spitze und harte Stacheln und von einer Aehnlichkeit mit einem Blatte ist bei diesen starren Organen nichts zu bemerken. Die in der Mitte stehende Pflanze, welche dem mittelfeuchten Raum entstammt, stellt einen Uebergang von der einen in die andere Form dar.

Wir haben hier einen interessanten Beleg für das Anpassungsvermögen der Pflanzen an die Verhältnisse ihres Standortes. Der Stachelginster, der an trockenen Standorten wächst, reduzirt seine Wasser verdunstende Oberfläche durch Umbildung der Blätter in Stacheln. Wird er in feuchte Luft gebracht, so ist diese Einschränkung der Transpiration überflüssig und er entwickelt seine Blätter wie jede andere Pflanze.

Die Unterschiede im anatomischen Bau fallen vollständig mit *Lothelier*'s Beobachtungen zusammen und bilden nur eine weitere Bestätigung dessen, was schon an den oben besprochenen Pflanzen nachgewiesen werden konnte.

Bei Zusammenfassung der in dieser Abhandlung mitgetheilten Be-

obachtungsresultate gelangt man zu folgenden allgemeinen Schlußfolgerungen:

1) Mit der Zunahme des Wasserdampfgehaltes der Luft steigt die Produktion organischer Substanz in den Pflanzen. Dies gilt sowohl von der absoluten Menge der frischen und trockenen Masse, als auch von derjenigen der Mineralbestandtheile.

2) Der relative Gehalt der Pflanzen an Trockensubstanz und Asche ist dagegen um so größer, je trockener die Luft ist, oder mit anderen Worten: die Pflanzen sind prozentisch um so wasserreicher und um so ärmer an mineralischen Bestandtheilen, je höher der Feuchtigkeitsgrad der Luft ist.

3) Entsprechend den ad 1) angeführten Gesetzmäßigkeiten steht die Quantität der im Reifezustande gewonnenen Produkte im Allgemeinen in einem dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft gleichlaufenden Verhältniß.

4) Die in den Samen und Früchten enthaltenen werthvollen Bestandtheile (Stickstoff und Stärke) sind prozentisch in dem Grade vermehrt, als die Luft ärmer an Feuchtigkeit ist (Gerste). Bei den Kartoffelknollen zeigen sich die umgekehrten Verhältnisse, indem bei diesen mit der Verminderung der relativen Luftfeuchtigkeit die Ablagerung der Stärke in den unterirdischen Reproduktionsorganen eine beträchtliche Abnahme erfährt.

Die in morphologischer Beziehung ermittelten Thatsachen lassen sich etwa wie folgt präzisiren:

5) Das Wachsthum der Pflanzen ist hinsichtlich der Länge und Dicke der Stengel, der Länge und Breite, resp. der Größe der Blätter, in einem mit dem Wassergehalt der Luft steigenden Verhältniß gefördert.

6) Die Bildung des Chlorophylls in den Blättern und Stengeln ist hingegen relativ in dem Maße vermindert, als das Wasser in der Luft in größeren Mengen vorhanden ist.

7) Die Behaarung der Pflanzen nimmt mit steigender Trockenheit der Luft ganz beträchtlich zu.

8) Die Spaltöffnungen treten sowohl auf der Ober- als auch auf der Unterseite der Blätter nicht allein in größerer Zahl, sondern auch in größeren Dimensionen in der feuchten im Vergleich zu der trockenen Atmosphäre auf.

9) Die Epidermis mit ihrer Cuticula, sowie alle sonstigen Gewebe, die geeignet sind, die Verdunstung aus der Pflanze herabzudrücken, erfahren eine Förderung des Wachsthums mit abnehmender Luftfeuchtigkeit.

10) Eine wesentliche Abänderung des Assimilationsgewebes durch verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft konnte nicht konstatirt werden.

11) Die Entwickelung der Gefäße wurde mit Abnahme der Luftfeuchtigkeit entsprechend behindert, ihre Lumina waren in demselben Sinne um so enger und die Verdickungen der Zellwandungen um so größer.

12) Das Sklerenchym wird durch die Luftfeuchtigheit in weitgehendster Weise beeinflußt und zwar derart, daß dasselbe eine um so schwächere Ausbildung erfährt und die Wandungen der betreffenden Zellen um so weniger verholzt sind, je größer die in der Luft auftretenden Wassermengen sind und umgekehrt.

13) Bei Ulex europaeus endlich findet in der feuchten Luft eine vollständige Rückbildung der Stacheln in normale Blätter statt.

Zur Erklärung der durch vorstehende Sätze charakterisirten Gesetzmäßigkeiten werden vor Allem die bei einem verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft hervorgerufenen Abänderungen in dem Turgor der Zellen heranzuziehen sein. Indem die Transpiration mit der Abnahme der relativen Feuchtigkeit der Luft unter sonst gleichen Verhältnissen eine beträchtliche Steigerung erfährt, muß nothwendigerweise die Turgescenz der Zellen eine entsprechende Einbuße erleiden, zumal gleichzeitig, wie in den vorliegenden Versuchen, der Wassergehalt des Erdreichs, in welchem die Pflanzenwurzeln sich befinden, in derselben Richtung sich vermindert. Ein stärkeres Wachsthum ist nur dann möglich, wenn die Zellwandungen eine ergiebige Dehnung erfahren, d. h. wenn dieselben durch den Zellsaft in einem stark gespannten Zustand erhalten werden. Die Kraft, welche dies bewirkt, der Turgor, wird nur bei dem Vorhandensein größerer Wassermengen in den Zellen ihren vollen Einfluß entfalten können. Mit der Abnahme des Wassergehaltes in Folge stärkerer Transpiration sinkt der Turgor und damit gleichzeitig das Wachsthum[1]). Aus diesen Gründen nahm die Produktion pflanzlicher Substanz ab, je mehr der Wassergehalt der Luft vermindert wurde.

Bei der außerordentlichen Verdunstung in der trockenen Luft würde ein Wachsthum überhaupt nicht möglich gewesen sein, wenn die Pflanzen sich nicht mit Schutzvorrichtungen gegenüber den ihr Leben gefährdenden äußeren Einwirkungen versehen hätten. Die Veränderungen, welche die

[1]) *J. Sachs.* Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg. Bd. I. 1872. S. 104. — *J. Reinke.* Botanische Zeitung. 1876. S. 170.

Pflanzen in ihrem äußeren und inneren Bau bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft erfahren haben, sind offenbar als Anpassungserscheinungen aufzufassen, womit allerdings nur eine Thatsache konstatirt wird, eine Erklärung der bezüglichen Vorgänge nicht gegeben ist. Bei dem Mangel jeglicher Anhaltspunkte in dieser Richtung, sowie in Rücksicht auf die Unmöglichkeit, die einschlägigen Prozesse genau zu verfolgen, wird man sich einstweilen mit dem Faktum selbst begnügen müssen.

Im Uebrigen ergiebt sich aus den oben mitgetheilten Versuchen, — wie schließlich nicht außer Acht gelassen werden darf, — daß die herrschende Ansicht von der Bedeutung des Transpirationsstromes für die Ernährung der höheren grünen Pflanzen nicht zulässig erscheint oder doch einer wesentlichen Modifikation bedarf. Daß mit der Erhöhung der Transpiration eine vermehrte Aufnahme von Nährstoffen und in Folge dessen eine bessere Ernährung der Pflanzen Hand in Hand gehe, also daß mit der Transpirationsgröße das Wachsthum einen gleichsinnigen Verlauf nehme, steht zu den Ergebnissen vorliegender Versuche in grellem Widerspruch, insofern in diesen die Produktion organischer Substanz mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft zunahm, d. h. in dem Grade, als die Verdunstung aus den Pflanzen beschränkt war. Auch *G. Haberlandt*[1]) gelangte in seinen Untersuchungen über die Transpiration der Tropenpflanzen zu dem Resultat, daß die Transpiration keine durchaus nothwendige Bedingung für das Aufsteigen der Nährsalze sei. Die Erscheinung, daß die Pflanzen, wie jene der heißen Zone, selbst bei sehr geringer Verdunstung zu einer außerordentlich üppigen Entwickelung gelangen, wird von genanntem Forscher auf die den Gewächsen zur Verfügung stehenden osmotischen Kräfte zurückgeführt, die, unabhängig von dem Transpirationsstrom, selbst bei reichlichst stattfindender Assimilation, eine hinreichende Menge von Mineralstoffen aus den Wurzeln in die höchsten Theile der Pflanze hinaufbefördern.

[1]) *G. Haberlandt.* Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Cl. Bd. CI. Abtheilung I. S. 785.

Neue Litteratur.

A. J. Ewart. **Die Wirkungen der tropischen Insolation.** Annals of Botany. Vol. XI. 1897. 439.

G. Haberlandt. **Ueber die Größe der Transpiration im feuchten Tropenklima.** Jahrbücher für wissensch. Botanik. Bd. XXXI. 1897. S. 273.

F. Noll. **Ueber die Luftverdünnung in den Wasserleitungsbahnen der höheren Pflanzen.** Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. f. Natur- u. Heilkunde. Bonn. 1897.

E. B. Copeland. **Relation of nutrical salts to turgor.** Bot. Gazette. 1897. 23. Dezbr.

Mouton. **Ueber die Plasmolyse.** Comptes rendus. T. CXXIV. 1897. p. 407.

W. Figdor. **Ueber die Ursachen der Anisophyllie.** Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. XV. 1897. (Generalversammlungsheft.)

A. Schober. **Verhalten der Nebenwurzeln in der vertikalen Lage.** Botan. Zeitung. Abtheilung I. Heft 1. 1898.

III. Agrar-Meteorologie.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CVIII. Untersuchungen über den Einfluß des Frostes auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens.

Von Professor Dr. **E. Wollny** in München.

(Mit fünf Tafeln.)

Dem Frost wird allgemein in der landwirthschaftlichen Praxis ein großer Einfluß auf die Fruchtbarkeit des Bodens beigemessen, wie sich schon deutlich aus dem Erfahrungssatz ergiebt: «wenn der Boden nicht ausfriert, wird die Ernte nicht reich». Ueber die Art der betreffenden Einwirkungen herrschen aber noch ganz unklare Vorstellungen; man giebt zwar an, daß bei dem Gefrieren des Wassers eine Auflockerung des Bodens herbeigeführt und die Feuchtigkeit desselben beeinflußt werde, aber über die näheren Umstände, unter welchen diese und anderweitige Abänderungen des Ackerlandes stattfinden, weiß man noch sehr wenig. Referent hat sich daher veranlaßt gesehen, den einschlägigen Fragen experimentell näher zu treten, indem er versuchte, den Einfluß des Frostes auf die Festigkeit, die Volumveränderungen, die Struktur, die Permeabilität für Luft und Wasser und die Wasserkapazität des Bodens in geeigneter Weise ziffernmäßig festzustellen. Ueber die hierbei gewonnenen Resultate geben die nachfolgenden Zeilen Aufschluß[1]).

[1]) Sämmtliche Bodenarten wurden in den vorliegenden Versuchen in pulverförmigem Zustande verwendet.

I. Einfluß des Frostes auf die Festigkeit des Bodens.

Die Versuche über die absolute Festigkeit des gefrorenen Bodens wurden mit dem von *H. Puchner* benützten, in dieser Zeitschrift Bd. XII. 1889. S. 230 beschriebenen und abgebildeten Apparat ausgeführt. Die Erdzylinder, welche in Glasröhren hergestellt und einer Druckprobe unterzogen wurden, besaßen eine Länge von 3 cm und einen Durchmesser von 2 cm. Dieselben wurden bei den weiterhin angegebenen Temperaturen zum Gefrieren gebracht und bei diesen (im Freien) in dem bezeichneten Apparat einem Druck in ihrer Längsachse ausgesetzt, bis sie zerbrachen. In den nachfolgenden Tabellen ist das Gewicht angegeben, bei welchem letzteres eintrat, und zugleich dasjenige, welches bei dem nicht geforenen Boden unter sonst gleichen Umständen beobachtet wurde.

Bei der Bestimmung der absoluten Festigkeit wurde zunächst der *Einfluß des Wassergehaltes des Erdreiches* in das Auge gefaßt, indem zunächst bei Kaolin und feinstem humusfreiem Kalksand (Korndurchmesser 0,01—0,071 mm) das Material mit Wasser gesättigt wurde (100 %) und weiterhin demselben durch Mischen mit Wasser so viel Feuchtigkeit zugeführt wurde, daß sich Abstufungen von 80, 60, 40 und 20 % der Maximalwassermenge ergaben. Ueber die Druckgröße, ausgedrückt in Gewichten, welche nöthig war, um die Erdzylinder im gefrorenen und ungeforenen Zustande zum Bersten zu bringen, geben die folgenden Zahlen Auskunft:

Wassergehalt des Bodens in % der vollen Wasserkapazität	Kaolin gefroren	Kaolin nicht gefroren	Kalksand gefroren	Kalksand nicht gefroren
100	—	—	—	—
80	—	—	160,0 kg	2,058 kg
60	100,0 kg	19,224 kg	145,0 »	2,542 »
40	40,0 »	21,188 »	110,0 »	3,125 »
20	30,0 »	23,644 »	65,0 »	3,463 »
Temperatur:	—5° C.	—	—7,2° C.	—.

Bei voller Sättigung mit Wasser wurden die gefrorenen Erdzylinder, ebenso die Thonzylinder bei 80 % der Maximalwassermenge nicht zerdrückt, sondern in eine zerspaltene, zusammengepreßte Masse verwandelt, eine Erscheinung, welche auf die unter dem Namen der «Regelation» bekannte Eigenthümlichkeit des Eises zurückzuführen ist. Im Uebrigen lassen die mitgetheilten Zahlen deutlich erkennen,

daß durch das Gefrieren des Wassers die absolute Festigkeit des Bodens in einem ganz außerordentlichen Grade erhöht wird, und zwar um so mehr, je größer der Wassergehalt der Masse innerhalb gewisser Grenzen ist.

In Bezug auf letztere Gesetzmäßigkeit zeigt der gefrorene Boden dem nicht gefrorenen gegenüber ein entgegengesetztes Verhalten, insofern, wie die Zahlen darthun, dieser mit abnehmendem Wassergehalt in seiner Festigkeit eine Zunahme erfährt, und zwar weil in demselben Maße die Bodentheilchen wegen Verkleinerung der sie umgebenden Wasserhüllen inniger aneinander haften und sich in Folge dessen weniger leicht verschieben. Sobald das Wasser in den festen Zustand übergegangen ist, wird die Bodenmasse mit wachsendem Wassergehalt kompakter und demgemäß fester bis zu der Grenze, wo das Wasser in solchen Mengen auftritt, daß die Erscheinung der Regelation sich geltend machen kann.

Das bezügliche ***Verhalten der verschiedenen Bodenarten*** läßt sich nach Vorstehendem leicht ermessen. Um hierfür einige ziffernmäßige Belege zu gewinnen, wurden verschiedene Kornsortimente von humusfreiem Kalksand, Gemische von Thon (Kaolin), Quarzsand (0,01—0,071 mm) und pulverförmigem Humus (durch Extraktion von Torf mittelst Salzsäure, Alkohol und Aether gewonnen), sowie Lehm (Ziegellehm vom Berg am Laim bei München, kalkfrei), Thon (von Nieder-Seeon, kalkreich) und humoser Diluvialsandboden (ca. 4% Humus und 2% Kalk) mit 60% der vollen Wasserkapazität an Feuchtigkeit versehen, und in der gleichen Weise wie im vorigen Versuch behandelt. Es ergab sich hierbei Folgendes:

	Kalksand. Kornsortimente.	Gefroren.	Nicht gefroren.
I.	0,010—0,071 mm	175,0 kg	2,250 kg
II.	0,071—0,114 »	140,0 »	1,500 »
III.	0,114—0,171 »	90,0 »	1,050 »
IV.	0,171—0,250 »	70,0 »	0,600 »
V.	0,010—0,250 »	160,0 »	1,400 »
	Temperatur[1]):	—3,8° C.	—

[1]) Die während des Gefrierens herrschende Temperatur wurde an einem Minimum-Thermometer abgelesen.

Abgesehen davon, daß diese Zahlen die oben angeführten Gesetzmäßigkeiten in vollem Umfange bestätigen, zeigen dieselben deutlich,

daß die absolute Festigkeit des gefrorenen Bodens um so größer ist, je feiner die Bodentheilchen sind und daß das Gemisch der verschiedenen Kornsortimente (V) in dieser Beziehung ein mittleres Verhalten zeigt, sich aber dem feinsten Material nähert.

Diese Unterschiede sind auf solche in dem Wassergehalt der Versuchsmaterialien zurückzuführen, nach Maßgabe der oben angeführten Gesetzmäßigkeiten, denn, wie an einer anderen Stelle[1]) nachgewiesen wurde, nimmt der Feuchtigkeitsvorrath unter sonst gleichen Verhältnissen mit der Feinheit der Bodenelemente zu und bei dem Gemisch der verschiedenen Sortimente einen zwischen den Extremen stehenden Grad an.

Von denselben Gesichtspunkten sind auch die nachstehenden Daten zu beurtheilen:

Bodenkonstituenten und deren Gemische[2]).	Gefroren.	Nicht gefroren.
Kaolin	38,2 kg	18,20 kg
2 Kaolin + 1 Quarzsand	36,0 »	17,15 »
1 » + 2 »	34,2 »	13,80 »
Quarzsand	31,0 »	4,60 »
2 » + 1 Humus	32,5 »	2,85 »
1 » + 2 »	35,0 »	2,18 »
Humus	50,0 »	1,02 »
2 » + 1 Kaolin .	41,0 »	2,97 »
1 » + 2 » .	38,3 »	10,30 »
Temperatur:	—5,0° C.	— .
Natürliche Bodenarten.		
Thon	37,5 kg	4,20 kg
Lehm	55,0 »	3,70 »
Humoser Diluvialsand .	66,0 »	2,97 »
Temperatur:	—4,8° C.	— .

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 195 und 197.

[2]) Dem Volumen nach hergestellt.

Diesen Daten läßt sich entnehmen,

daß der Humus bei dem Gefrieren die größte Festigkeit erlangt, daß dann der Thon folgt, während der Quarzsand dem auf ihn ausgeübten Druck gegenüber den geringsten Widerstand leistet, und daß die Gemische in dieser Beziehung ein ihrer Zusammensetzung entsprechendes Verhalten aufweisen.

In Rücksicht darauf, daß der Humus die größten, der Quarzsand die geringsten und der Thon vergleichsweise mittlere Wassermengen unter den gewählten Versuchsbedingungen enthielt[1]), wird geschlossen werden dürfen, daß die Ursachen der vorstehend präzisirten Gesetzmäßigkeiten auf den verschiedenen Wassergehalt der Materialien zurückzuführen seien. Wiederholt tritt auch in diesen Zahlen die Thatsache hervor, daß der nicht gefrorene Boden ein von dem gefrorenen abweichendes Verhalten zeigt, und zwar bezüglich des Humus, welcher im ersteren Fall die geringste, im letzteren die höchste Festigkeit besaß. Aehnlich verhalten sich die aus diesem Bodenkonstituenten und dem Quarzsande resp. Kaolin hergestellten Gemenge. In Bezug auf die Erklärung dieser Erscheinungen sind die obigen Ausführungen zu vergleichen.

In dem folgenden Versuch wurde der Frage näher getreten, ob der Temperaturgrad bei dem Gefrieren des Bodens einen Einfluß auf die Festigkeit desselben auszuüben vermöge. Hierüber geben die folgenden Zahlen näheren Aufschluß:

		(60% der vollen Wasserkapazität)		
Bodenart.	Korngröße (mm).	Gefroren.	Gefroren.	Nicht gefroren.
Quarzsand II	0,071—0,114	120 kg	260 kg	0,883 kg
» III	0,114—0,171	90 »	200 »	0,275 »
Kalksand II	0,071—0,114	150 »	280 »	0,933 »
» III	0,114—0,171	110 »	180 »	0,625 »
	Temperatur:	—3,2° C.	—15,0° C.	—

Aus diesen Daten wird gefolgert werden dürfen,

daß die Festigkeit des gefrorenen Bodens zunimmt, je tiefer der Gefrierpunkt gelegen ist.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 195 und 198.

Außerdem zeigen sie in drastischer Weise, in welchem außerordentlichen Grade der Frost an sich in fraglicher Richtung sich von Einfluß erweist.

II. Einfluß des Frostes auf die Volumveränderungen des Bodens.

Durch das Gefrieren des Wassers muß der Boden nothwendigerweise eine Volumzunahme erfahren, weil bekanntlich das Wasser im festen Zustande einen größeren Raum einnimmt als im flüssigen. Um über die Größe der betreffenden Veränderungen ein Urtheil zu gewinnen, wurde derselbe Apparat verwendet, welcher dem Referenten in seinen Untersuchungen über die Volumveränderungen bei der Anfeuchtung und Austrocknung der Bodenarten gedient hatte[1]). Nachdem die Materialien gesättigt worden waren, wurden sie mit dem Apparat während der Nacht in einem aus Latten hergestellten, außerhalb eines Fensters des Laboratoriums angebrachten, mit einem Dach versehenen Häuschen dem Frost ausgesetzt, worauf am nächsten Morgen die Ablesungen vorgenommen wurden. Die aus den Ablesungen und Messungen berechneten Resultate weist die folgende Tabelle nach:

A. Verschiedener Wassergehalt des Bodens.

Bodenart	Gefroren		Nicht gefroren		Volumen		Volumzunahme in % des Anfangsvolumens
	Durchmesser des Erdzylinders mm	Höhe des Erdzylinders mm	Durchmesser des Erdzylinders mm	Höhe des Erdzylinders mm	gefroren ccm	nicht gefroren ccm	
Torf, gepulvert, voll gesättigt	50,0	26,560	50,0	25,0	52,044	49,062	6,077
» » ²/₃ »	50,0	25,078	50,0	25,0	49,216	49,062	0,314
» » ¹/₃ »	50,0	25,000	50,0	25,0	49,062	49,062	0,000

B. Bodenkonstituenten und deren Gemische.

Kaolin	50,0	26,170	50,0	25,0	51,359	49,062	4,682
2 Kaolin + 1 Quarzsand	50,0	26,092	50,0	25,0	51,205	49,062	4,368
1 » + 2 »	50,0	25,858	50,0	25,0	50,746	49,062	3,433
Quarzsand	50,0	25,819	50,0	25,0	50,669	49,062	3,275
2 Quarzsand + 1 Humus	50,0	26,092	50,0	25,0	51,205	49,062	4,368
1 » + 2 »	50,0	26,716	50,0	25,0	52,430	49,062	6,865
Humus	50,0	27,379	50,0	25,0	53,731	49,062	9,517
2 Humus + 1 Kaolin	50,0	26,911	50,0	25,0	52,813	49,062	7,645
1 » + 2 »	50,0	26,404	50,0	25,0	51,818	49,062	5,617

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 1. — Abbildung des Apparates S. 14.

Durch den Frost hatte mithin der Boden eine Ausdehnung erfahren, welche mit dem Wassergehalt des Bodens zunahm, bei dem Humus am größten, bei dem Quarzsand am geringsten und bei dem Thon von mittlerer Intensität war. Entsprechend diesen Eigenthümlichkeiten der Hauptbodengemengtheile gestalteten sich die Volumveränderungen der Gemische nach Maßgabe ihrer Zusammensetzung.

Die geschilderten Differenzen in dem Verhalten der einzelnen Bodenkonstituenten lassen sich in ungezwungener Weise auf solche in ihrem Wasserfassungsvermögen zurückführen. In Bezug auf letzteres nimmt der Humus die erste Stelle ein, dann folgt der Thon, während der Quarzsand vergleichsweise die geringsten Wassermengen aufzunehmen vermag. In gleichem Sinne stellten sich die Werthe für die Volumzunahme in Folge des Gefrierens heraus, so daß vorstehende Erklärung für die Ursachen der hervorgetretenen Unterschiede als ausreichend betrachtet werden dürfte.

C. Oefteres Gefrieren und Aufthauen.

In den zu vorliegendem Zweck angestellten Versuchen wurde Kaolin in die Gefäße fest eingestampft, bei I hierauf angefeuchtet und fünfmal dem Frost während der Nacht, und dem Aufthauen am Tage in einem Zimmer bei ca. 18° C. ausgesetzt. Bei II wurde, um eine dichtere Lagerung des Materials herbeizuführen, der gleichfalls fest eingestampfte Kaolin angefeuchtet, dann ausgetrocknet und später wieder angefeuchtet, im Uebrigen aber ebenso behandelt, wie im vorigen Versuch. Die Ergebnisse sind in folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt:

Häufigkeit des Gefrierens		Gefroren		Aufgethaut		Volumen		Volumzunahme in % des aufgethauten Bodens nach jedesmaligem Frost
		Durchmesser des Erdzylinders mm	Höhe des Erdzylinders mm	Durchmesser des Erdzylinders mm	Höhe des Erdzylinders mm	gefroren ccm	aufgethaut ccm	
I.	Einmal	50,0	25,585	50,0	25,000	50,216	49,062	**2,352**
	Zweimal	50,0	26,170	50,0	24,966	51,359	49,018	**4,775**
	Dreimal	50,0	26,404	49,5	25,078	51,818	48,239	**7,419**
	Viermal	50,0	25,741	49,5	24,844	50,517	47,784	**5,718**
	Fünfmal	50,0	25,234	49,5	24,610	49,521	47,335	**4,618**
II.	Einmal	49,0	25,897	49,0	25,446	48,821	47,997	**1,717**
	Zweimal	49,0	25,624	49,0	24,298	48,296	45,797	**5,457**
	Dreimal	48,0	25,234	46,0	24,454	45,639	40,620	**12,356**
	Viermal	47,0	24,922	46,0	24,021	43,217	39,901	**8,385**
	Fünfmal	46,5	24,232	46,0	23,908	41,135	39,713	**3,581**

Wie man sieht, nahm die bei jedesmaligem Gefrieren des Bodens beobachtete Volumvermehrung desselben mit der Zahl der Fröste bis zu einer bestimmten Grenze zu, über welche hinaus bei wiederholtem Gefrieren des Erdreiches die Volumzunahme desselben eine stetige Verminderung erfuhr. Zur Erklärung dieser Erscheinungen sind die Wirkungen des Frostes sowohl auf die Feuchtigkeit als auch auf die Struktur des Thones heranzuziehen. Ersten Punkt anlangend, ist zu berücksichtigen, daß der Thonboden um so größere Mengen von Wasser verliert, je öfter derselbe gefriert und aufthaut[1]). In demselben Grade zieht er sich aber auch zusammen, wie an einer anderen Stelle nachgewiesen wurde[2]). Dafür sprechen auch die in vorliegenden Tabellen für das Volumen des aufgethauten Bodens angeführten Zahlen, welche darthun, daß der von letzterem eingenommene Raum sich von Frost zu Frost verkleinert. Zieht man angesichts dieser Verhältnisse die Thatsache (siehe oben) in Betracht, daß die bei dem Gefrieren eintretende Volumvermehrung sich mit abnehmendem Wassergehalt vermindert, so hätte man erwarten sollen, daß entsprechend der Wasserabnahme des Bodens die durch den Frost bedingte Erweiterung der Raumerfüllung desselben bei wiederholtem Gefrieren sich hätte stetig verringern müssen. Da dies nicht der Fall war, so waren zweifelsohne bei den geschilderten Erscheinungen noch Einflüsse anderer Art betheiligt. Als solche kommen vor Allem jene in Betracht, welche sich auf die mechanische Beschaffenheit des Thones geltend machen und die darin bestehen, daß dieser, wenn er sich, wie in vorliegenden Versuchen im pulverförmigen Zustande (Einzelkornstruktur) befindet und mit Wasser gesättigt ist, bei dem Gefrieren zerklüftet und zunächst grobe Krümel (Krümelstruktur) bildet, welche ein größeres Volumen einnehmen, als die ursprünglich in ihre Einzelelemente zerlegte und mit Wasser gesättigte Masse[3]). Hierin findet die Erscheinung, daß trotz der Wasserabnahme und der durch diese hervorgerufenen Zusammenziehung der Masse nach dem Aufthauen, zunächst bei wiederholten Frösten das Volumen des Thones zunimmt. Dafür, daß später, d. h. bei dem Ueberschreiten einer gewissen Grenze bei noch-

[1]) Vergl. Abschnitt VI.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 16.

[3]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 13.

maligem öfteren Gefrieren die Raumvermehrung der thonigen Masse sich verringert, spricht der Umstand, daß unter derartigen Verhältnissen die gröberen Krümel in kleinere zerfallen, welche, indem sie die größeren Lücken ausfüllen, wesentlich zu einer Beschränkung des Bodenvolumens beitragen, und daß andererseits der Wassergehalt des Bodens eine Einschränkung erleidet, die an sich mit einer Zusammenziehung der Bodenmasse verknüpft ist.

III. Einfluß des Frostes auf die Struktur des Bodens.

Die Beeinflussung der Struktur des Bodens durch den Frost wurde in der Weise festzustellen versucht, daß die Böden in Zinkblechgefäße mit durchlöchertem Boden und einem Durchmesser von 15 cm bei 3 cm Höhe, verbracht, mit Wasser gesättigt und während der Nacht sechsmal zum Gefrieren und ebenso oft zum Aufthauen gebracht wurden.

Es wurde zunächst ein Versuch über den Einfluß der Dichte der Lagerung der Bodentheilchen ausgeführt, indem die Gefäße mit Kaolin und kalkreichem Thon von Nieder-Seeon theils locker, theils fest beschickt und in der angegebenen Weise behandelt wurden. Es ergab sich nun, wie die Abbildungen auf Tafel II zeigen[1]), daß der Boden im lockeren Zustande im höheren Grade unter dem Einfluß des Frostes und Aufthauens krümelt resp. zerspaltet als im dichten. Durch das bei dem Gefrieren sich ausdehnende Wasser werden die Theilchen der Bodenmasse auseinandergerückt und können wegen ihrer unregelmäßigen Form bei dem Aufthauen nicht in ihre ursprüngliche Lage zurückkehren. Außerdem treten gleichzeitig Spannungen im Boden ein, welche zu einer Zerklüftung desselben Veranlassung geben. Je größer nun die Widerstände sind, welche das Erdreich in der einen oder in der anderen Richtung den auf seine Zertrümmerung hinwirkenden Kräften entgegenstellt, um so geringer ist der Einfluß des Frostes auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens. Aus diesem Grunde erleidet die fester zusammengelagerte Masse unter den vorliegenden Verhältnissen eine weit weniger durchgreifende Veränderung ihrer Struktur als die lockere.

An zweiter Stelle wurde der Einfluß des Wassers auf die mechanische Beschaffenheit des Bodens bei dem Gefrieren untersucht. Zu

[1]) Fig. I lockerer, II dichter Kaolin, III lockerer, IV dichter Thon.

diesem Zweck wurden die Gefäße von oben beschriebener Konstruktion mit Kaolin in mäßig dichtem Zustande gefüllt, und dem Boden eine Wassermenge von 100, 80, 60 und 40% der vollen Sättigungskapazität (Tafel III) zugeführt. Wie aus den Abbildungen zu ersehen, ist die durch den Frost bewirkte Zertrümmerung des Bodens eine um so intensivere, je größer der Wassergehalt desselben. Die Zahl der Risse und Krümel war bei 100% der Maximalwassermenge (I) am größten, bei 80% (II) war dieselbe geringer und traten mehr schuppenförmige Bildungen hervor, dasselbe war, wenngleich in viel geringerem Grade bei 60% (III) der Fall, während bei 40% (IV) sich äußerlich fast gar keine Veränderungen in der Bodenmasse wahrnehmen ließen.

Für den geschilderten Einfluß des Wassers auf die physikalische Beschaffenheit des Bodens sprechen auch die Ergebnisse eines weiteren Versuches, in welchem dem Boden (Kaolin und Thon von Nieder-Seeon) nach dem Gefrieren neuerdings Wasser zugesetzt wurde. Die Figuren auf Tafel IV weisen den Einfluß nach, den diese Prozedur auf die Strukturverhältnisse des Bodens ausübte. Während der Kaolin und der Thon (Fig. I u. III) nach der Sättigung ohne Anfeuchtung sechsmal dem Gefrieren und Aufthauen ausgesetzt waren, wurden dieselben Böden (Fig. II u. IV) nach dreimaliger Frostwirkung von Neuem mit ein Drittel der von denselben ursprünglich aufgenommenen Wassermenge von oben angefeuchtet und darauf noch dreimal zum Gefrieren und Aufthauen gebracht. Aus den Abbildungen ist zu entnehmen, daß der bereits durch den Frost gelockerte Boden in Folge von Wiederanfeuchtung durch nochmaliges Gefrieren und Aufthauen eine bessere Lockerung erfährt, als ohne Wasserzufuhr.

Die Wirkung öfteren Gefrierens und Aufthauens des Bodens läßt sich aus den Figuren Tafel V ermessen. Zu den betreffenden Versuchen wurden vier Gefäße (von 15 cm Durchmesser) verwendet, die mit Kaolin beschickt waren. Letzterer wurde zunächst mit Wasser gesättigt und bei I einmal, bei II viermal, bei III siebenmal und bei IV zehnmal dem Frost und darauf jedesmal dem Aufthauen ausgesetzt. Es ergiebt sich deutlich, daß die Zertrümmerung des Bodens eine um so durchgreifendere ist, je öfter das Gefrieren und Aufthauen desselben erfolgt.

Schließlich wurde ein Versuch angestellt, in welchem dem Kaolin verschiedene Mengen von Aetzkalk durch innige Mischung zugeführt waren. Der hierdurch hervorgerufene Einfluß auf die Bodenstruktur läßt sich aus den Abbildungen auf Tafel VI ersehen. Nr. I zeigt das unveränderte Material, Nr. II mit einem Zusatz von 0,25%, Nr. III von 0,5%, Nr. IV von 1% und Nr. V von 2% Aetzkalk. Die Zerkleinerung des Bodens nach sechsmaligem Gefrieren und Aufthauen des Bodens war, wie ersichtlich, bei geringer Beimengung von Aetzkalk zum Thon (0,25%) am vollkommensten und nahm von da an stetig ab, je größer die dem Boden zugeführten Kalkmengen waren. Dieses Resultat erklärt sich aus der Thatsache, daß der Aetzkalk über ein gewisses Maß hinaus dem Thon, entsprechend der Kalkmenge, eine derartige lockere Lagerung seiner Masse verleiht, daß die Volumveränderungen derselben sich gleichsinnig nur innerhalb enger Grenzen bewegen[1]) und die Abgabe von Wasser nur eine minimale ist.

Die mit verschiedenen anderen Bodenarten angestellten Beobachtungen führten zu dem Resultat, daß eine Spalten- und Krümelbildung durch wechselndes Gefrieren und Aufthauen vornehmlich nur in thonreichen Böden hervorgerufen wird. Derartige Veränderungen wurden bei sechsmaligem Gefrierenlassen nur bei Kaolin, Lehm (Ziegellehm) und Thon von Nieder-Seeon wahrgenommen, in geringem Grade bei humosem Diluvialsand (Ackererde des Versuchsfeldes) und gar nicht bei reinem Quarz- und Kalksand (Isarkalksand).

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, daß die durch öfteres Gefrieren bewirkten Abänderungen in der Struktur des Bodens, welche sich durch Bildung von Rissen und Aggregaten in demselben dokumentiren, hauptsächlich nur in thonreichen Bodenarten und in besonderem Grade nur unter gewissen Bedingungen in die Erscheinung treten. In vollkommenster Weise findet die Zertrümmerung der Masse statt bei lockerer Lagerung ihre Elemente, bei Zugabe geringerer Mengen von Aetzkalk, bei hohem Wassergehalt, bei größerer Häufigkeit des Gefrierens und Wiederanfeuchtung des Materials. Indessen darf nicht außer Acht gelassen werden, daß bei dem Ueberschreiten einer gewissen Grenze die gebildeten Krümel

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 21 und 31.

bei weiterer Einwirkung des Frostes wieder zerstört werden können, indem die dieselben zusammensetzenden Theilchen bei der Verwandlung des Wassers in Eis von einander getrennt werden und so der Boden schließlich in seine Elemente zerlegt wird[1]).

IV. Einfluß des Frostes auf die Permeabilität des Bodens für Luft.

In Uebereinstimmung mit den von *F. Renk*[2]) und *G. Ammon*[3]) erhaltenen Resultaten zeigten diejenigen der Versuche des Referenten, daß die Permeabilität des Bodens durch das Gefrieren desselben eine Einbuße erleidet. Die einschlägigen Experimente wurden mit Hilfe des Apparates ausgeführt, welcher früher zu den Untersuchungen über die Durchlässigkeit der Bodenarten für Luft verwendet worden war[4]). Die Böden wurden im feuchten Zustande (bei ca. 50⁰/o der vollen Sättigungskapazität) in die 5 cm weite Röhre, durch welche Luft unter Druck geführt wurde, in einer 50 cm hohen Säule unter sanftem Einstampfen jeder 2 cm mächtigen Schicht eingefüllt. Nachdem die Luftmenge, welche durch den Boden hindurchgegangen, gemessen worden war, wurde die das Erdreich einschließende Röhre mit einer Kältemischung umgeben und der Versuch nach dem Gefrieren des Bodens wiederholt. Die ermittelten Zahlen sind in folgender Tabelle niedergelegt:

Höhe der Bodenschicht: 50 cm, Durchmesser: 5 cm, Druck der Luft: 50 mm Wasser.	Geförderte Luftmenge in Litern pro Stunde.	
	Gefroren.	Nicht gefroren.
Humoser Diluvialsand, feinkrümelig . . .	13,00	13,80
Lehm, pulverförmig	0,56	0,73
Reiner Kalksand, ziemlich feinkörnig . .	48,60	69,20
Torf, Oldenburger, grob gepulvert . . .	10,99	38,00.

Diese Beobachtungen führen zu dem Schluß, daß der gefrorene Boden eine geringere Permeabilität besitzt, als der nicht gefrorene unter sonst gleichen Verhältnissen. Der Effekt, den hier das Gefrieren ausübt, ist unter Umständen ein so bedeutender, daß die Abnahme der Permeabilität sich nicht allein auf die Volumzunahme des Wassers bei dem Uebergang in den festen Zustand und die damit

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 450.
[2]) Zeitschrift für Biologie. Bd. XV. 1879.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 236.
[4]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 198.

verbundene Verkleinerung der Bodenporen zurückführen läßt, sondern auch dem Umstande zugeschrieben werden muß, daß die Luft, wenn sie unter Druck durch den Boden geleitet wird, das Wasser aus manchen Poren verdrängt, während dies bei den gefrorenen Wassertheilchen nicht möglich ist.

Nachdem in den sub III mitgetheilten Untersuchungen der Nachweis geliefert worden war, daß durch den Frost mannigfache Veränderungen in der Struktur des Bodens hervorgerufen werden, schien es angezeigt, der Frage näher zu treten, inwieweit gleichzeitig hiermit die Permeabilität für Luft alterirt werde. Die Versuchsmaterialien wurden zu diesem Zweck in einer 50 cm hohen Schicht (von 5 cm Durchmesser) in den Apparat gebracht, von oben her mit Wasser gesättigt und nach dem Abtropfen der überschüssigen Flüssigkeit auf ihre Permeabilität untersucht. Hierauf wurden die Böden zum Gefrieren gebracht, dann aufgethaut und von Neuem geprüft. Diese Operation wurde zwölfmal wiederholt, wobei folgende Ergebnisse gewonnen wurden:

Geförderte Luftmenge in Litern pro Stunde bei einem Druck von 50 mm Wasser.

Bodenart	Vor dem Gefrieren	Nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.
Lehm, krümelig .	0,04	0,04	115,0	131,0	140,0	—	162,8	274,4	282,8	306,0	409,0	398,2	288,7
Torf, grobpulverig	0,59	—	—	—	—	3,56	3,46	—	1,46	0,40	0,38	0,80	0,26
Quarzsand	0,05	0,05	0,06	0,11	19,8	23,9	27,6	27,8	36,8	39,0	39,3	54,4	50,1
Humoser Diluvialsand (pulverförm.)	0,01	0,04	0,04	0,05	11,7	31,7	62,2	64,9	67,2	70,8	74,8	88,8	85,8
Temperatur (°C.):	—	-6,0	—6,0	—6,0	—8,0	—5,0	—4;9	-12,2	— 7,8	-22,2	— 8,0	-10,2	-13,0
Thon von Nieder-Seeon . .	—	0,08	0,08	7,86	—	13,0	9,8	17,2	16,7	14,7	—	—	—
Isarkalksand (sehr feinkörnig)	—	9,20	10,22	19,86	25,48	22,80	210,0	250,2	360,6	390,0	—	—	—
Temperatur (°C.):	—	-4,7	— 4,0	-13,4	-16,2	-12,0	-15,0	-18,0	—9,0	—9,8	—	—	—

Aus diesen Daten wird im Allgemeinen gefolgert werden dürfen, daß der mit Wasser gesättigte Boden durch öfteres Gefrieren und Aufthauen in seiner Beschaffenheit Veränderungen erleidet, durch welche er für Luft leichter durchdringbar wird.

Dieser Einfluß ist zunächst darauf zurückzuführen, daß der Boden, wenn er gefriert und aufthaut, eine Einbuße in seiner Wasserkapazität erfährt, welche sich dadurch bemerkbar macht, daß nach jedesmaligem Aufthauen eine gewisse Wassermenge aus demselben abfließt (Abschnitt VI). Daß die durch den Frost geförderte Permeabilität des Bodens nur zum kleineren Theil diesem Wasserverlust zuzuschreiben ist, läßt sich aus dem Umstande schließen, daß einerseits die in der geschilderten Weise abgegebenen Wassermengen bei den zu vorliegenden Versuchen benützten Erdarten, mit Ausnahme des Lehmes, verhältnißmäßig gering, daß aber andererseits die Wirkungen des Frostes auf den Boden meist ziemlich beträchtlich sind. Erwägungen solcher Art führen zu dem Schluß, daß mit dem Gefrieren des gesättigten und feuchten Bodens hauptsächlich in der Lagerung der Bodentheilchen (Struktur) Veränderungen verknüpft sind, durch welche die Widerstände, welche sich der eindringenden Luft entgegenstellen, verringert werden. Bei den zur Krümelbildung neigenden Bodenarten entstehen unter der Wirkung des Frostes in der im Zustand der Einzelkonstruktur sich befindenden Masse Aggregate, welche, weil sich zwischen denselben größere Hohlräume bilden, die Durchlüftbarkeit des Bodens außerordentlich fördern[1]). Die Zahlen zeigen aber, daß dies nur bis zu einer gewissen Grenze der Fall ist und daß bei zu häufiger Einwirkung des Frostes in Folge des allmählichen Zerfalles der Krümel die Durchdringbarkeit des Bodens für Luft eine stetige Abnahme erleidet. Bei Böden, welche, wie z. B. der Quarzsand, überhaupt keine Aggregate bilden, kann die aus obigen Zahlen ersichtliche günstige Wirkung auf die Permeabilität derselben nur darauf beruhen, daß die einzelnen Partikelchen durch das zu Eis erstarrende Wasser auseinander geschoben werden und wegen ihrer unregelmäßigen Gestalt nicht mehr vollständig in ihre frühere Lage zurückkehren, derart, daß die ganze Masse dadurch eine lockere Beschaffenheit erhält.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 212.

Im Uebrigen ist darauf hinzuweisen, daß die in Rede stehenden Wirkungen des Frostes bei den verschiedenen Bodenarten große Unterschiede herbeiführen. Der kalkarme Lehm, welcher nach dem Gefrieren größere Mengen von Wasser verliert und leicht krümelt, wurde in seinem Durchlässigkeitsvermögen für Luft am meisten gefördert. Dasselbe gilt auch von dem Isarkalksand, der unter dem Einfluß des Frostes in seinem Wassergehalt zwar nur eine geringe Einbuße erfährt, aber unter solchen Verhältnissen stark aufgelockert wird. Der pulverförmige, humose Diluvialsand giebt nach dem Gefrieren verhältnißmäßig wenig Wasser ab; dafür besitzt derselbe in gewissem Grade die Fähigkeit, Krümel zu bilden, so daß seine Durchlässigkeit für Luft in Folge der Frostwirkung eine ziemlich beträchtliche wird. Auffallend gering ist letztere bei dem kalkreichen Thon von Nieder-Seeon, wahrscheinlich deshalb, weil die Wasserabgabe seitens desselben nach dem Aufthauen nicht bedeutend und die Aggregatbildung in demselben eine sehr mäßige ist. Was schließlich den Torf anlangt, so ist die bei demselben beobachtete außerordentlich geringe Wirkung des Frostes zweifelsohne dem Umstand zuzuschreiben, daß der Wasserverlust nach dem Aufthauen bei dieser Bodenart ganz minimal und die Neigung zur Krümelbildung äußerst schwach ist.

V. Einfluß des Frostes auf die Permeabilität des Bodens für Wasser.

Bei Ausführung vorliegender Versuche wurde der Apparat benutzt, mit welchem früher die Durchlässigkeit der Bodenarten für Wasser von dem Referenten bestimmt worden war[1]). In der zur Aufnahme des Erdreiches dienenden Röhre von 5 cm Durchmesser wurde eine Bodensäule von 30 cm Höhe unter festem Zusammenpressen jeder 2 cm hohen Schicht des Materials hergestellt. Nach der Sättigung der Masse mit Wasser wurde dieselbe zum Gefrieren und mit einer darüber befindlichen Röhre in Verbindung gebracht, in welcher Wasser von 0—2° C. auf einer konstanten Höhe von 100 cm erhalten wurde. Das Ergebniß war folgendes:

	Geförderte Wassermenge (Liter) in 10 Stunden							
Quarzsand	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	I—VII
Korngröße (mm)	0,01—0,071	0,071—0,114	0,114—0,171	0,171—0,250	0,25—0,50	0,5—1,0	1—2	0,01—2,00
nicht gefroren:	0,165	2,037	19,396	42,410	103,138	305,052	611,925	2,690
gefroren:	0	0	0	0	0	0	0	0

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIV. 1891. S. 11.

Der gefrorene Boden ist mithin für Wasser vollständig impermeabel. Dies läßt sich offenbar nur dadurch erklären, daß sich bei dem Eindringen des Wassers in den gefrorenen Boden eine Eiskruste resp. eine mit Wasser vollständig gesättigte und gefrierende Erdschicht bildet, wodurch die Fortbewegung des Wassers gehemmt wird[1]).

In Ansehung der Beeinflussung der mechanischen Beschaffenheit des Bodens durch den Frost in der oben geschilderten Weise ließ sich a priori erwarten, daß der mehrfach dem Gefrieren ausgesetzt gewesene Boden für das Wasser eine bessere Durchlässigkeit aufweisen werde, als der unveränderte. Dies war in der That der Fall. Die Böden, welche in Verwendung kamen, waren genau so behandelt worden, wie im vorigen Versuch. Sie wurden zunächst auf ihre Permeabilität geprüft und dann zehnmal dem Gefrieren und ebenso oft dem Aufthauen ausgesetzt. Zuletzt wurden sie im aufgethauten Zustande bei Zimmertemperatur untersucht, wobei sich Folgendes herausstellte:

	Geförderte Wassermenge (Liter) in 10 Stunden bei einem Wasserdruck von 100 cm			
	Kaolin.	Lehm.	Thon.	Humoser Diluvialsand[2]).
nicht gefroren	0,0	0,015	0,007	0,005
gefroren	89,0	47,0	28,0	0,4.

Diese Zahlen sprechen deutlich dafür, daß der Boden durch öfteres Gefrieren und Aufthauen Veränderungen in seiner Struktur erfährt, durch welche er für Wasser leichter durchdringbar wird.

Hinsichtlich der Art der betreffenden Einwirkungen sind die Ausführungen im vorigen Abschnitt zu vergleichen.

VI. Einfluß des Frostes auf den Wassergehalt des Bodens.

Für die Abnahme des Wasserfassungsvermögens des Bodens in Folge des Gefrierens wurde zuerst von *J. Sachs*[3]) ein ziffernmäßiger Beleg beigebracht. Das benützte Material war schwarze Buchenerde, welche 422,5 gr Trockensubstanz und bei ihrer Sättigung 459,7 gr Wasser

[1]) Vergl. *A. Woeikof*. Der Einfluß einer Schneedecke auf Boden, Klima und Wetter. Wien. 1889. E. Hölzel. S. 67.

[2]) Sämmtliche Versuchsmaterialien befanden sich im pulverförmigen Zustande.

[3]) Landwirthschaftl. Versuchsstationen. Bd. II. 1860. S. 193.

enthielt. Nach dem Gefrieren verlor sie 25,5 gr Wasser und hatte sonach einen Verlust von 5,6 % erfahren.

In den einschlägigen Versuchen von *M. Fleischer*[1]) stellte sich heraus, daß der Moorboden nach zweimaligem Gefrieren in seinem Wassergehalt eine Einbuße von 8,9 % erlitten hatte.

Zur Vervollständigung dieser spärlichen Versuchsergebnisse stellte Referent eine Reihe von Beobachtungen an, bei welchen mit Deckeln lose verschließbare Zinkblechdosen von 12 cm Durchmesser und 7 cm Höhe verwendet wurden. Der Boden dieser Gefäße war mit zahlreichen Löchern versehen, so daß er einem Siebe vergleichbar war. Vor dem Einfüllen der Versuchsböden wurde derselbe mit einer einfachen Lage von grobem Mull bedeckt. Nach der Beschickung der Blechdosen wurden dieselben auf eine Wasserfläche gestellt, bis das Erdreich gesättigt war. Während Frostwetters wurden die Apparate Abends ins Freie gebracht und Morgens in ein auf ca. 15—18° C. temperirtes Zimmer versetzt. Das bei dem Aufthauen abfließende Wasser wurde in 5 cm hohen Gefäßen aufgefangen, welche sich mit ihrem oberen Rand dicht an die Blechdosen anschlössen. Letztere blieben während der ganzen Dauer des Versuchs mit den Deckeln bedeckt, um die Verdunstung hintanzuhalten. Aus den Wägungen am Anfang der Versuche und nach jedesmaligem Abfließen des überschüssigen Wassers konnte einerseits die ursprüngliche Wassermenge im Boden und andererseits der Verlust berechnet werden, welcher derselben durch das Gefrieren zugefügt worden war.

Zunächst wurden verschiedene Bodenarten mineralischen und organischen Ursprunges im pulverförmigen Zustande verwendet. Die Bodenkonstituenten (Thon, Quarz, Humus) waren durch Behandlung mit heißer Salzsäure, resp. durch Ausziehen mit Alkohol und Aether (Humus) gereinigt worden und besaßen eine äußerst feinkörnige Beschaffenheit. Die übrigen Bodenarten wurden in ihrer natürlichen Beschaffenheit in Benützung genommen, mit der Ausnahme, daß sie vorher gepulvert worden waren. Die Ergebnisse dieser Versuche[2]) sind in folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt:

---

[1]) Landwirthschaftl. Jahrbücher. Von *H. Thiel.* Bd. XX. 1891. S. 771.

[2]) Die Versuchsmaterialien erhielten in den Gefäßen eine möglichst dichte Lagerung.

1. Volumen des lufttrockenen Bodens: 577 ccm.

Bodenart	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Absoluter Wassergehalt des nassen Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Totalverlust gr	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Kaolin . . .	542,4	368,6	18,2	34,7	19,0	12,4	18,1	7,8	8,2	8,5	8,7	2,0	137,6	37,3
2 Kaolin + 1 Quarz	806,8	313,2	31,9	22,6	14,4	4,7	8,9	1,7	1,9	1,4	2,5	0,5	90,5	28,9
1 » + 2 Quarz	950,7	268,5	48,6	5,7	2,9	5,8	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	67,2	25,1
Quarz . . .	1045,5	232,5	24,6	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	26,5	11.4
2 Quarz + 1 Humus	792,7	313,0	17,6	2,4	2,0	3,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,7	8,2
1 » + 2 »	558,4	372,0	2,6	1,4	2,7	0,0	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	2,2
Humus . . .	397,5	423,6	1,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,3
2 Humus + 1 Kaolin	486,3	395,7	30,9	18,6	7,5	10,2	5,4	3,6	4,2	1,4	1,1	2,0	84,9	21,2
1 » + 2 »	516,0	372,8	55,8	14,9	9,5	5,1	0,9	3,6	7,0	7,5	6,9	1,6	112,8	30,3
Temperatur (°C.):	—	—	-4,7	-3,9	-4,9	-4,0	-12,2	-13,4	-16,2	-12,0	-7,8	-15,0	—	—

2.

Bodenart	Volumen des lufttrockenen Bodens ccm	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Absoluter Wassergehalt des nassen Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Thon (Nieder-Seeon) . . .	691,5	851,8	306,8	9,6	8,9	3,8	4,2	0,0	10,0	36,5	11,9
2 Thon + 1 Quarzsand .	»	1102,2	256,1	4,7	5,3	3,7	4,1	0,6	5,7	24,1	9,4
1 » + 2 » .	»	1123,8	225,5	1,8	0,2	1,0	0,0	1,4	0,5	4,9	2,2
Quarzsand	»	1184,0	196,9	1,0	0,0	0,5	0,0	0,1	0,0	1,6	0,8
Temperatur (°C.):	—	—	—	-6,2	-3,0	-3,6	-4,8	-5,0	-2,9	—	—

3.

Thon (Kaolin)	920	922	586	28	26	41	23	20	10	148	27,6
Lehm	930	1176	460	28	20	27	13	20	8	116	25,2
Quarzsand (v. mittl. Feinheit)	940	1641	326	13	5	9	1	0	0	28	8,6
Isarkalksand (sehr feinkörn.)	930	1500	333	5	2	1	1	0	0	9	2,7
Humoser Diluvialsand . .	960	1154	412	4	6	4	3	0	0	17	4,1
Hochmoortorf (Oldenburg)	930	161	731	5	2	2	0	0	0	9	1,2
Niederungsmoortorf (Schleißheim)	910	392	505	3	12	4	0	0	0	19	3,7
Temperatur (°C.):	—	—	—	—5	-10	—8	—5	—8	—7	—	—

4.

Bodenart	Volumen des lufttrockenen Bodens ccm	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Absoluter Wassergehalt des nassen Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Zuckerhumus[1]	960	359	682	3	5	1	3	—	—	12	1,8
Fichtennadeln, gepulvert .	950	383	640	5	6	2	2	—	—	15	2,3
Hochmoortorf (Oldenburg), grob zerkleinert . . .	940	161	749	1	3	13	6	—	—	23	3,1
Hochmoortorf (Oldenburg), feinpulverig	950	125	777	2	1	3	5	—	—	11	1,4
Hochmoortorf (Haspelmoor)	930	216	651	5	7	1	4		—	17	2,6
Niederungsmoortorf (Schleißheim)	940	392	587	4	5	3	3		—	15	2,6
Niederungsmoortorf (Donaumoor)	1020	448	686	1	2	4	2	—	—	9	1,3
Temperatur (°C.):	—	—	—	—5	—7	-10	—8	—	—	—	—

(Anmerkung. In den Versuchen 3 u. 4 waren größere Gefäße (1 Liter) ausnahmsweise verwendet worden.)

Aus den vorstehend mitgetheilten Zahlen wird entnommen werden können,

1) daß das Gefrieren des gesättigten Bodens eine Verminderung der Wasserkapazität desselben zur Folge hat, deren Betrag im Allgemeinen absolut um so größer ist, je öfter die Masse dem Froste und dem Aufthauen ausgesetzt war,

2) daß diese Wirkungen bei den verschiedenen Böden sehr verschieden sind: bei dem Thon und thonreichen Erdarten am durchgreifendsten, ungleich schwächer bei dem Sande und den Sandgemischen, am geringsten bei den Humussorten.

Diese auffälligen Unterschiede sind vornehmlich auf solche zurückzuführen, welche durch den Frost in der mechanischen Beschaffenheit der verschiedenen Bodenarten hervorgerufen werden. Indem der Thon und die thonreichen Gemische durch öfteres Gefrieren und Aufthauen in den

[1]) Aus Zucker mittelst Schwefelsäure hergestellt.

Zustand der Krümelstruktur übergeführt werden, müssen sie dadurch nothwendigerweise in ihrem Wasseraufspeicherungsvermögen eine weitgehende Einbuße erfahren[1]), die sich eben in dem Absickern ziemlich beträchtlicher Wassermengen bemerkbar macht. Derartige Erscheinungen können sich bei den verschiedenen Sandsorten bei Weitem nicht in dem Grade geltend machen, weil eine Bildung von Aggregaten in denselben ausgeschlossen und die Auflockerung der Masse im Uebrigen nicht durchgreifend genug ist, um eine erhebliche und eine so beträchtliche Herabsetzung der Wasserkapazität zu bewirken wie bei dem Thon. Das eigenthümliche Verhalten des Humus läßt sich nur dadurch erklären, daß das bei dem Gefrieren sich in den größeren Hohlräumen oder auf der Oberfläche ausscheidende und zu Eis erstarrende Wasser von dem gleichzeitig etwas aufgelockerten Boden nach dem Aufthauen in Folge seiner großen Wasserkapazität wieder aufgesogen wird. Dies ließ sich deutlich bei Frostversuchen mit verschiedenen Torfsorten beobachten, welche in Glastrichtern im gesättigten Zustande untergebracht waren.

Für den durch den Frost in dem Boden hervorgerufenen Wasserverlust ist, was nicht außer Acht gelassen werden darf, die Beschaffenheit desselben von ganz wesentlichem Belang, wie aus folgenden vom Referenten angestellten Untersuchungen zur Genüge hervorgeht.

Vorerst ergab sich, daß der Wassergehalt des Erdreiches bei den in Rede stehenden Naturerscheinungen eine große Rolle spielt. Zu den einschlägigen Versuchen wurden nur thonreiche Böden verwendet, welche mit Wasser gesättigt, und in diesem Zustande sowohl, als auch nachdem sie eine bestimmte Wassermenge verdunstet hatten, zu den Frostversuchen benutzt wurden. Die hierbei gewonnenen Resultate werden aus folgenden Tabellen ersichtlich:

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 195 und 198. — Bd. XVI. 1893. S. 395.

Volumen des lufttrockenen Bodens: 536 ccm.

Bodenart	Gewicht des lufttrocken. Bodens gr	Wassergehalt des Bodens, absolut gr	Wassergehalt des Bodens, relativ	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Kaolin	542,4	363,6	100	18,2	34,7	19,0	12,4	18,1	7,8	8,2	8,5	8,7	3,3	140,9	
	542,6	308,3	85	0,0	3,2	3,5	10,4	9,2	11,1	8,5	10,9	6,4	2,0	65,2	
	544,1	225,8	62	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	546,7	158,4	42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Temperatur:	—	—	—	—4,7°	—3,9°	—4,9°	—4,0°	-12,2°	-13,4°	-16,2°	-12,0°	—7,8°	-22,2°	—	—

Volumen des lufttrockenen Materials: Lehm: 678,6 ccm; Thon: 599,4 ccm.

Bodenart	Gewicht des lufttrocken. Bodens gr	Wassergehalt des Bodens, absolut gr	Wassergehalt des Bodens, relativ	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Lehm	930	342,5	100	19,3	20,2	0,7	8,8	2,3	2,7	5,0	3,2	3,6	—	65,8	
	930	244,7	71	2,5	3,2	0	0	0	0	3,4	0	0	—	9,1	
	930	127,3	37	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	—	0,1	
Thon von Nieder-Seeon	846	317,3	100	26,2	26,6	2,2	3,6	6,5	2,0	3,7	0,1	2,7	—	73,6	
	846	213,9	67	0	0	0,1	0	0	0	2,4	0,2	0	—	2,7	
	846	107,0	34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	—	0	
Temperatur:	—	—	—	—5°	—3°	-6,6	—8°	—6°	—6°	—6°	—8°	—9°	—	—	

Diese Zahlen sprechen dafür,

daß die in Frage stehende Einwirkung des Frostes auf die Wasserkapazität des Bodens nur im gesättigten oder in einem stark feuchten Zustande desselben sich geltend macht.

Die Ursache hiervon ist darin zu suchen, daß mit dem Wassergehalt des Erdreiches sich jene durch den Frost hervorgerufenen Strukturveränderungen in demselben vermindern, welche den oben geschilderten Wasserabfluß zur Folge haben (Abschnitt III). Außerdem ist aber auch zur Erklärung der betreffenden Erscheinung die Thatsache in Anspruch zu nehmen, daß der weniger feuchte Boden bei einer etwaigen Abscheidung von Wasser nach dem Gefrieren das Vermögen besitzt, letzteres in vollem Umfange wieder in sich aufzunehmen. Der in der beschriebenen Weise sich bemerkbar machende Einfluß des Wassers ist auch die Ursache der Erscheinung, daß die Absickerung des Wassers, wie aus den oben mitgetheilten Zahlenreihen hervorgeht, mit der Zahl der Fröste im Allgemeinen stetig abnimmt und schließlich aufhört, wenn der Boden in Folge der Verluste einen mittleren, wie es scheint, bei ca. 70% der vollen Sättigungskapazität gelegenen Feuchtigkeitsgehalt angenommen hat.

Bei einem und demselben Boden ist weiters die Struktur desselben von großer Bedeutung für die Wassermengen, welche bei öfterem Gefrieren und Aufthauen in der Masse zurückgehalten werden. Dies konnte sowohl bei verschieden feinkörnigem Sande und im pulverförmigen und krümeligen Zustande des Bodens, als auch bei verschieden dichter Lagerung der Bodentheilchen und bei einem verschiedenen Steingehalt des Erdreiches nachgewiesen werden.

a. Verschiedene Feinheit der Bodentheilchen.

Volumen des lufttrockenen Bodens: 662,8 ccm.

Quarz-sand	Korn-größe mm	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
I	0,01 -0,071	1005,3	264,7	0,9	0,2	0,8	0,3	0,4	0,0	0,0	2,6	0,98
II	0,071-0,114	1023,0	258,3	0,5	3,0	0,6	0,7	0,5	0,5	0,8	6,6	2,56
III	0,114-0,171	1047,2	255,0	0,6	7,0	1,0	0,8	0,2	1,3	0,9	11,8	4,62
IV	0,171-0,25	1065,7	248,4	0,7	6,7	0,5	0,7	1,9	4,0	0,8	15,3	6,16
V	0,25 -0,50	1089,5	236,6	1,3	9,7	0,7	1,0	0,3	5,2	1,0	19,2	8,12
VI	0,5 -1,0	1113,8	216,6	0,7	6,2	0,9	0,8	0,2	3,0	1,0	12,8	5,91
VII	1-2	1134,4	184,3	1,3	1,6	0,4	1,0	1,9	1,3	1,0	8,5	4,61
I—VII	0,01 -2,0	1235,5	168,8	0,0	0,6	1,1	0,3	0,0	0,0	0,0	2,0	1,18
Temperat.:	—	—	—	-2,8°	-6,2°	-3,0°	-3,6°	-4,8°	-5,0°	-2,4°	—	—

Diese Zahlen liefern den Beweis,

daß der Wasserverlust, welcher dem Quarzsande in Folge der Frostwirkung zugefügt wird, mit zunehmendem Korndurchmesser sich vergrößert bis zu einer bestimmten Grenze, über welcher hinaus bei weiterer Zunahme des Korndurchmessers die von dem Material abgegebenen Wassermengen sich stetig verringern.

Ueber die Ursachen der durch vorstehenden Satz präzisirten Gesetzmäßigkeiten läßt sich kaum eine richtige Vorstellung gewinnen, weil die Veränderungen, welche in dem verschieden feinkörnigen Sande in Folge der Frostwirkung eintreten, sich der Beobachtung vollständig entziehen. Im Voraus hätte man in Rücksicht auf die den Einfluß des Wassers betreffenden oben mitgetheilten Versuchsresultate einen mit der Feinkörnigkeit steigenden Wasserverlust erwarten sollen. Da dies nicht der Fall war, so bliebe zur Erklärung des Befundes nur die Annahme übrig, daß bei mittlerer Feinheit des Sandes sich Strukturveränderungen bei dem Gefrieren einstellen, welche der Wasserabgabe förderlich sind und bei den feinen wie bei den groben Sortimenten in gleichem Grade nicht hervorgerufen werden. Ob dies wirklich der Fall ist, muß dahin gestellt bleiben, weshalb man sich vorerst mit den hier festgestellten Thatsachen wird begnügen müssen.

b. Einzelkorn- und Krümelstruktur.

Volumen des lufttrockenen Bodens: 791,6 ccm. Lagerung locker.

Lehm	Korn- resp. Krümelgröße mm	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2. Frost	3. Frost	4. Frost	5. Frost	6. Frost	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
pulverförmig	0,0–0,25	828,5	377,9	60,1	37,5	25,3	20,5	4,0	5,5	152,9	**40,5**
krümelig	0,5–1,0	746,7	332,7	35,5	28,5	14,5	9,5	5,5	11,5	105,0	**31,6**
	1,0–2,0	748,5	322,3	22,3	17,5	27,5	15,5	6,5	8,0	97,3	**30,2**
	2,0–4,0	745,2	286,5	11,5	15,0	18,5	13,0	2,0	3,7	63,7	**22,3**
	4,0–6,5	741,6	258,9	13,7	10,4	7,8	12,0	0,7	3,8	48,4	**18,7**
	6,5–9,8	739,7	246,2	11,9	11,0	10,1	3,5	0,5	6,5	43,5	**17,7**
	0,5–9,8	798,9	279,1	7,5	14,5	9,5	9,0	0,0	2,0	42,5	**15,2**
Temperatur:	—	—	—	-19,5°	-13,5°	-7,2°	-7,3°	-6,0°	-4,8°	—	—

Volumen des lufttrockenen Bodens: 985 ccm. (Große Gefäße.)

Lehmpulver .	0,0–0,25	1176	460	28	20	27	13	20	8	116	**25,2**
Lehmkrümel .	0,5–9,8	1037	359	45	12	8	4	0	0	69	**19,2**
Temperatur:	—	—	—	—5°	—10°	—8°	—5°	—8°	—7°	—	—

Bei Durchsicht dieser Zahlen gelangt man zu dem Schluß,

daß die Verminderung der Wasserkapazität des Bodens in Folge des Gefrierens im pulverförmigen Zustande des Materials ungleich intensiver ist, als bei krümeliger Beschaffenheit desselben, und im letzteren Falle in dem Grade eine Einschränkung erfährt, als der Durchmesser der Aggregate zunimmt.

Diese Gesetzmäßigkeiten werden verständlich, wenn man berücksichtigt, daß der Boden in dem Zustande der Einzelkornstruktur bei lockerer Lagerung der Partikel durch den Frost gekrümelt wird und dadurch eine weitgehende Einbuße in seinem Wasserfassungsvermögen erleidet, während derselbe Boden, wenn er bereits eine krümelige Beschaffenheit besitzt, unter gleichen Verhältnissen in seiner Struktur in Folge des Gefrierens in einem vergleichsweise weit geringerem Umfange alterirt wird, um so weniger, je größer die Aggregate waren.

Lockere und dichte Lagerung der Bodentheilchen.

Volumen des lufttrockenen Bodens: 678,6 ccm.

Bodenart	Beschaffenheit des Bodens	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Lehm . . . . pulverförmig .	locker dicht	754,4 825,9	351,0 318,2	46,3 24,4	23,3 24,5	8,8 5,7	16,6 0,8	13,0 11,8	10,2 9,9	4,0 2,8	122,2 79,9	34,8 25,1
Thon (Nieder-Seeon) . . . pulverförmig	locker dicht	646,0 716,2	300,5 289,0	60,9 40,3	20,2 12,8	2,9 0,4	8,6 9,5	1,0 2,9	2,3 3,1	3,4 2,7	99,3 71,7	33,0 24,8
Kaolin . . . pulverförmig .	locker dicht	470,4 553,9	328,8 349,8	51,8 45,8	22,6 30,3	3,2 0,0	14,9 5,1	6,3 7,2	10,4 5,4	3,2 4,7	112,4 98,5	34,2 28,2
Hum. Diluvials. pulverförmig	locker dicht	757,0 811,8	364,0 337,5	2,7 0,5	5,0 0,5	2,8 0,0	5,2 0,4	0,7 0,5	1,4 0,0	1,3 0,7	19,1 2,6	5,3 0,8
Temperat. (°C.):	—	—	—	−8,9	−4,1	−3,3	−3,2	−4,0	−2,0	−2,8	—	—

Volumen des lufttrockenen Bodens: 796,7 ccm.

Bodenart	Beschaffenheit des Bodens	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Hochmoortorf[1]) feinpulverig .	locker dicht	112,7 164,9	544,9 559,7	4,5 0,7	3,9 0,0	6,6 1,7	7,3 0,0	4,2 0,0	9,0 0,0	— —	35,5 2,4	6,5 0,4
Hochmoortorf[2]) feinpulverig .	locker dicht	85,5 112,7	512,9 560,3	3,0 0,5	1,5 0,0	5,0 0,5	3,8 0,0	3,7 0,0	0,5 0,0	— —	17,5 1,0	3,4 0,2
Niederungs-moortorf[3]) feinpulverig .	locker dicht	260,6 348,9	472,8 530,5	0,7 0,2	0,0 0,0	2,3 0,0	2,0 0,0	0,5 0,0	0,0 0,0	— —	5,5 0,2	1,2 0,02
Niederungs-moortorf[3]) grobpulverig .	locker dicht	215,4 268,9	435,8 439,8	15,9 6,6	3,4 6,7	1,8 1,1	0,5 0,2	0,6 0,0	0,0 0,0	— —	22,2 14,6	5,1 3,3
Temperat. (°C.):	—	—	—	−11,6	−9,0	−12,2	−15,0	−10,6	−10,5	—	—	—

[1]) Aus Oldenburg. [2]) Aus dem Haspelmoor. [3]) Von Schleißheim be München.

Mit großer Uebereinstimmung liefern diese Zahlen den Nachweis, *daß der mit dem Gefrieren verknüpfte Wasserverlust in dem Boden bei lockerer Lagerung der Partikel unter übrigens gleichen Verhältnissen wesentlich größer ist, als bei dichter.*

In dem ersteren Fall ist bei den thonreichen Bodenarten die durch das Gefrieren bedingte Krümelung, wie oben (Abschnitt III) ausführ-

licher dargethan wurde, eine beträchtlich bessere und dementsprechend die Wirkung auf die Wasserkapazität der Masse eine durchgreifendere als bei dichter Lagerung der letzteren.

Bemerkenswerth ist die Thatsache, daß sich besonders bei den Torfsorten der Einfluß der Lagerung der Partikel auf den Wasserabfluß in einem außerordentlichen Grade geltend gemacht hatte. Der betreffende Verlust wurde fast auf Null herabgedrückt, wenn der Boden fest zusammengepreßt worden war. Dies steht in Uebereinstimmung mit den Resultaten der mit verschiedenen Bodenarten angestellten, oben angeführten Versuche, in welchen die Materialien bei dichter Lagerung verwendet wurden und die Torfsorten im Vergleich zu den Mineralböden und den von *Jul. Sachs* und *M. Fleischer* benützten Humusarten eine minimale Aenderung ihrer Wasserkapazität durch den Frost erlitten hatten. Eine ungleich stärkere, obwohl den thonreichen Bodenarten gegenüber nur mäßige Wirkung wird in fraglicher Richtung hervorgerufen, wenn die Bodenmasse eine lockere Beschaffenheit besitzt. Außerdem ist, wie aus vorstehenden, sowie eingangs dieses Abschnittes mitgetheilten Versuchen deutlich hervorgeht, zu beachten, daß der grob zerkleinerte Torf nach dem Gefrieren beträchtlich größere Wassermengen durch Absickerung verliert als der feinpulverige. Aber auch in diesem Fall ist der Einfluß des Frostes auf den Torf immer noch bedeutend geringer als bei den thonreichen Bodenarten.

d. Steinhaltiger Boden.

Volumen des lufttrockenen Bodens: 678,6 ccm.

Bodenart	Gehalt des Bodens an Steinen[1]) Volum %	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Kaolin	0	535,8	337,2	55,7	25,0	0,1	2,0	13,6	16,8	14,2	0,0	8,0	135,4	**40,1**
	15	759,6	324,0	29,3	18,2	0,0	1,5	18,0	11,0	5,5	0,0	7,0	90,5	**27,9**
	30	916,4	318,5	22,7	22,6	0,0	0,2	11,0	9,4	3,1	0,5	6,0	75,5	**24,0**
	45	1019,1	285,8	8,8	31,0	0,0	0,0	0,0	1,5	8,0	0,7	4,5	54,5	**19,1**
Temperat. (°C.):	—	—	—	-5,0	-3,0	-6,6	-8,0	-6,0	-6,0	-6,0	-8,0	-9,0	—	—

[1]) Kalksteine von 1—2 ccm Durchmesser.

Diese Zahlen lassen erkennen,

daß der durch den Frost veranlaßte Wasserverlust in dem mit Steinen gemischten Boden geringer ist als in dem steinfreien und zwar in dem Grade, als der Steingehalt zunimmt.

Dies mag darauf beruhen, daß die Steine wegen ihres hohen Gewichtes nach Maßgabe ihrer Menge der Auflockerung (Krümelung), wie solche in dem steinfreien Boden in ausgiebiger Weise veranlaßt wird, hinderlich sind.

Im weiteren Verlauf der Versuche wurde in Ansehung der Thatsache, daß Hydrate und Salze einen außerordentlichen Einfluß auf die Struktur des Bodens ausüben[1]), der Frage näher getreten, inwieweit in dieser Beziehung die Wasserkapazität desselben durch den Frost alterirt werde. Zunächst wurden die Wirkungen festzustellen versucht, welche der Aetzkalk (der gelöschte gebrannte Kalk) etwa hervorzurufen im Stande sei. Zu diesem Zweck wurden thonreiche Böden, deren Struktur durch das Kalkhydrat im Vergleich zu allen übrigen Erdarten im stärksten Maße abgeändert wird, mit verschiedenen Kalkmengen gemischt und verrieben, in den Apparaten fest eingestampft, mit Wasser gesättigt und schließlich öfters dem Gefrieren und Aufthauen ausgesetzt. Der Befund war folgender:

Volumen des lufttrockenen Bodens: Kaolin: 828,0; Lehm: 691,2; Thon: 689,9 ccm.

Bodenart	Gehalt an Aetzkalk %	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	Summa	Verlust in % des ursprünglichen Wassergehaltes
Kaolin	0,0	191,0	252,4	13,0	17,0	14,3	4,6	3,8	1,8	—	—	—	—	54,0	28,3
	0,396	197,2	264,1	24,4	13,6	8,0	5,0	6,0	4,0	—	—	—	—	61,0	30,9
Lehm	0,0	867,9	334,8	3,2	8,0	17,6	4,9	4,5	2,8	—	—	—	—	41,0	12,3
	0,116	861,8	339,0	5,5	11,5	20,8	8,2	5,2	3,8	—	—	—	—	55,0	16,2
Thon	0,0	774,1	310,4	16,8	8,2	11,4	5,8	3,8	4,0	—	—	—	—	50,0	16,1
(Nieder-Seeon)	0,129	777,4	317,6	19,2	13,4	14,7	4,2	7,5	5,5	—	—	—	—	64,5	20,3
Temperat.(°C.):	—	—	—	-11,6	-9,0	-12,2	-15,0	-10,6	-10,5	—	—	—	—	—	—

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. II. 1879. S. 251 und 441.

Volumen des lufttrockenen Bodens: 678,6 ccm.

Bodenart	Gehalt an Aetzkalk %	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.	Summa	Verlust in % des ursprünglichen Wassergehaltes
Lehm	0,0	852,3	337,0	17,0	19,5	12,0	9,8	7,2	9,0	3,0	1,2	0,0	0,5	79,2	23.5
	0,25	858,3	342,6	19,8	11,5	20,5	12,0	9,5	7,7	4,0	2,0	0,2	1,5	88,7	25.9
	0,5	858,9	335,9	8,4	16,0	9,7	13,3	2,0	5,5	4,5	4,0	0,5	0,0	63,9	19.0
	1,0	862,1	334,5	0,2	0,0	1,8	13,5	1,0	9,5	2,5	3,8	0,5	3,0	35,8	10.7
	2,0	866,6	336,5	0,0	0,0	0,5	0,0	2,0	8,0	4,0	3,0	8,0	4,0	29,5	8.8
Temperat. (°C.):	—	—	—	-19,5	-13,5	-7,2	-7,3	-6,0	-4,8	-5,0	-15,0	-8,5	-2,0	—	—

Volumen des lufttrockenen Bodens: Kaolin: 633,3; Lehm: 723,8 ccm.

Bodenart	Gehalt an Aetzkalk %	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.	Summa	Verlust in % des ursprünglichen Wassergehaltes
Kaolin	0,0	490,0	320,0	18,1	30,3	15,7	10,8	6,7	6,4	9,6	0,3	0,0	0,0	97,9	30.6
	0,1	489,5	343,6	26,5	33,5	18,4	15,0	5,2	15,3	0,0	0,0	0,0	0,0	113,9	33.1
	0,25	499,5	359,2	20,3	33,1	5,4	24,4	7,6	19,3	2,7	5,5	4,4	0,6	123,3	34.3
	0,5	501,5	392,2	22,2	35,8	22,2	8,5	9,0	12,0	1,3	1,2	0,5	0,0	112,7	28.7
	1,0	502,4	412,8	0,0	5,2	6,3	13,8	6,2	23,5	13,1	0,6	1,8	0,2	70,7	17.1
	2,0	503,8	434,2	6,6	14,7	0,5	0,0	14,3	17,5	3,0	0,0	0,0	0,0	56,6	13.0
Lehm	0,0	895,6	351,8	21,4	17,3	7,6	7,3	6,2	10,5	6,5	3,0	2,6	0,6	83,0	23.6
	0,1	896,8	354,6	13,6	23,6	16,4	7,0	7,5	12,5	3,7	3,7	2,6	0,0	90,6	25.5
	0,25	897,6	360,1	17,6	23,0	3,0	7,5	7,5	8,5	11,9	3,6	4,3	0,3	87,2	24.2
	0,5	902,1	357,7	0,0	13,7	5,7	13,0	12,1	16,1	4,8	1,5	2,5	0,0	69,4	19.4
	1,0	908,2	335,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	5,7	1,9	2,6	0,5	19,0	5.7
	2,0	913,4	331,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0.0
Temperat. (°C.):	—	—	—	-4,8	-13,0	-11,9	-7,9	-4,6	-3,2	-3,4	-4,8	-5,2	-7,2	—	—

Volumen des lufttrockenen Bodens: Kaolin: 520,2; Lehm: 701,2 ccm.

Bodenart	Gehalt an Aetzkalk %	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.	Summa	Verlust in % des ursprünglichen Wassergehaltes
Kaolin	0,0	440,1	306,3	19,3	19,2	34,8	16,2	6,8	6,0	—	—	—	—	102,3	33.4
	1,0	454,0	339,4	3,2	16,5	17,0	6,7	23,6	8,2	—	—	—	—	75,2	22.2
Lehm	0,0	837,7	363,7	11,7	21,8	12,1	6,6	25,0	3,5	—	—	—	—	80,7	22.2
	1,0	845,5	381,2	0,0	3,7	13,3	6,2	20,7	2,8	—	—	—	—	46,7	12.2
Temperat. (°C.):	—	—	—	-9,8	-17,4	-20,0	-14,0	-5,0	-25,5	—	—	—	—	—	—

Aus diesen Zahlen geht hervor,

daß durch Beigabe einer Aetzkalkmenge bis zu ca. 0,25% die Wirkungen des Frostes auf die Wasserkapazität der thonreichen Bodenarten verstärkt werden, während bei größeren Dosen eine bedeutende Verminderung in dem nach dem Aufthauen ablaufenden Wassermengen, ent-

sprechend dem Kalkgehalt der Masse, in die Erscheinung tritt.

Diese Beobachtung steht in guter Uebereinstimmung mit der oben angeführten[1]), daß nur bei Zuführung des Kalkhydrates in Quantitäten, die etwa 0,25% des Erdreiches betragen, die Krümelbildung in den thonreichen Böden gefördert wird, während letztere bei stärkeren Gaben nur unvollkommen zertrümmert werden, in einem äußerst lockeren Zustande verharren und in Folge dessen die bei dem Gefrieren ausgeschiedenen Wassermengen bei dem Aufthauen leicht wieder aufsaugen können. Für dieses beträchtliche Aufspeicherungsvermögen des mit reichlichen Aetzkalkmengen versehenen Thonbodens sprechen übrigens auch die bezüglichen in vorstehenden Tabellen niedergelegten Daten, aus welchen ersichtlich wird, daß mit dem Gehalt des Erdreiches an Aetzkalk derjenige an Wasser im Allgemeinen gleichen Schritt hält[2]).

Der Einfluß der Salze machte sich in folgender Weise bemerkbar[3]):

Volumen des lufttrockenen Bodens: Kaolin: 320,2; Lehm: 701,2 ccm.

Bodenart	Salze 1% des Bodens	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	Wasserverlust in gr nach dem								Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
				1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.		
				Frost									
Kaolin	O	440,1	306,3	19,3	19,2	34,8	16,2	6,8	6,0	—	—	102,3	33,4
	K_2CO_3	454,1	322,6	37,6	20,2	14,3	12,5	14,4	10,6	—	—	109,6	33,9
	Na Cl	453,6	312,0	6,0	27,1	17,1	13,4	7,9	3,5	—	—	75,0	24,0
Lehm	O	837,7	363,7	11,7	21,8	12,1	6,6	25,0	3,5	—	—	80,7	22,2
	K_2CO_3	849,4	365,0	16,2	23,8	23,8	5,5	20,0	0,0	—	—	89,3	24,5
	Na Cl	847,3	364,4	17,8	20,5	11,3	5,7	10,0	0,0	—	—	65,3	17,9
Temperat. (°C.):	—	—	—	-9,8	-17,4	-20,0	-14,0	-5,0	-25,5	—	—	—	—

Volumen des lufttrockenen Bodens: Kaolin: 622,0; Lehm: 723,8 ccm.

Bodenart	Salze 1% des Bodens	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens gr	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Kaolin	O	490,2	326,2	36,6	22,1	0,5	12,4	3,3	3,7	3,6	2,5	84,7	25,9
	K_2CO_3	490,1	334,6	31,2	29,0	0,3	11,5	4,0	8,2	1,8	2,2	88,2	26,4
	Na Cl	490,2	346,7	15,0	31,0	3,0	10,8	5,2	4,9	0,2	1,7	71,8	20,7
	$NaNO_3$	490,2	335,2	23,7	17,2	1,1	7,9	4,3	4,1	4,2	1,5	64,0	19,1
	K_2SO_4	488,7	345,0	31,2	21,8	3,0	12,0	5,0	4,1	4,9	0,8	82,8	24,0
	K Cl	487,5	334,9	13,6	16,8	5,6	19,0	4,9	4,5	4,4	0,0	68,8	20,5

[1]) Siehe Abschnitt III.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 52.

[3]) Die Materialien wurden fest eingestampft.

Bodenart	Salze 1 % des Bodens	Gewicht des lufttrockenen Bodens. gr	Wassergehalt des gesättigten Bodens. gr	Wasserverlust in gr nach dem 1. Frost	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	Summa	Verlust in % der ursprünglichen Wassermenge
Lehm	0	890,9	371,2	18,5	21,9	19,8	15,6	6,0	4,6	3,7	0,0	90,1	24,3
	K_2CO_3	898,4	379,8	29,9	27,9	5,4	9,9	5,7	9,0	6,6	3,4	97,8	25,8
	Na Cl	896,8	379,6	20,9	26,8	6,8	14,1	6,9	8,2	4,3	0,0	88,0	23,2
	$NaNO_3$	898,6	372,8	16,3	20,1	7,7	12,1	7,6	5,0	8,4	0,6	77,8	20,9
	K_2SO_4	900,4	381,4	5,0	29,1	15,1	11,7	8,7	5,6	9,3	2,1	86,6	22,7
	K Cl	899,1	375,8	14,8	28,1	8,8	15,7	9,8	4,8	6,2	0,0	88,2	23,5
Temperat. (°C.):	—	—	—	-7,2	-7,0	-3,0	-9,0	-9,0	-8,4	-9,2	-8,7	—	—

Diese Zahlen sprechen dafür,

daß durch die Salze, mit Ausnahme des Kalikarbonates, die Wassermengen vermindert werden, welche in Folge des Gefrierens dem Boden verloren gehen.

Zur Erklärung hierfür ist zunächst die Thatsache heranzuziehen, daß der Boden bei Gegenwart von Chloriden und Nitraten eine lockere Beschaffenheit annimmt, die ihn zum Aufsaugen größerer Wassermengen geeignet macht, derart, daß auch dasjenige Wasser zum Theil zurückgehalten wird, welches nach dem Aufthauen des gefrorenen Erdreiches zum Abfließen gebracht wird. Aehnlich verhalten sich die Sulfate. Der eigenthümliche Einfluß des Alkalikarbonates ist dagegen weniger verständlich, insofern dasselbe zu einer dichten Lagerung der Bodentheilchen Veranlassung giebt und der Boden in diesem Zustande einen größeren Widerstand den auf seine Krümelung hinwirkenden Kräften bei dem Gefrieren des Wassers entgegenstellt. Es dürfte daher schwer sein, für die betreffende Erscheinung eine genügende Erklärung ausfindig zu machen. Uebrigens ergiebt sich aus den Versuchsergebnissen, daß der Einfluß der Salze in fraglicher Richtung sich im Allgemeinen nur innerhalb enger Grenzen vollzieht.

Neue Litteratur.

J. Clayton. **Effects of the Weather upon Vegetation.** Bradford. 1897.

W. Cordes. **Beitrag zum Verhalten der Coniferen gegen Witterungseinflüsse.** Hamburg. 1897. Boysen.

P. Thiele. **Ziele und Aufgaben der landwirthschaftlichen Klimalehre.** Schöneberg-Berlin. 1897.

J. Hann. **Handbuch der Klimatologie.** Stuttgart. 1897. J. Engelhorn.

J. van Bebber. **Die Hauptwetterlagen in Europa.** Annalen der Hydrographie. 1897. November.

A. Woeikof. **Die periodische Wiederkehr kalter und warmer Sommer.** Meteorologische Zeitschrift. 1897. Heft 12. S. 470.

L. Satke. **Ueber den Zusammenhang der Temperatur aufeinanderfolgender Monate und Jahreszeiten.** Nova Acta der Leop.-Carol. Akademie der Naturforscher. Bd. LXXI. No. 4.

G. Melander. **Sur la condensation de la vapeur d'eau dans l'atmosphère.** Helsingfors. 1897.

C. T. R. Wilson. **Condensation of water vapor in the presence of dust-free air and other gases.** London. 1897. Philosophical Transactions. Vol. CXXXIX. p. 265.

K. von Fischbach. **Gelegentliche Beobachtungen über Thaubildung und deren Bedeutung für die Pflanzen.** Meteorologische Zeitschrift. 1898. Heft 2. S. 77.

F. Houdaille. **Thaumessungen in Montpellier.** Ibid. S. 72.

J. R. Plumandon. **Les poussières atmosphériques.** Leur circulation dans l'atmosphère et leur influence sur la santé. Paris. 1897.

I. Physik des Bodens.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CIX. Untersuchungen über die Feuchtigkeitsverhältnisse der Bodenarten.

(Zweite Mittheilung.)

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

E. Wassergehalt der kalk- und magnesiareichen Böden bis zu 0,8 m Tiefe während der Vegetationszeit.

Während in den früher veröffentlichten, den vorliegenden Gegenstand betreffenden Untersuchungen[1]) vornehmlich nur die drei Hauptbodengemengtheile: Thon, Quarz und Humus in Betracht gezogen wurden, sollen im Nachstehenden behufs Vervollständigung des Bildes von den Feuchtigkeitsverhältnissen der Bodenarten anschließend der Kalk und die Magnesia an der Hand diesbezüglicher Versuche in das Bereich der Betrachtung gezogen werden. Der kohlensaure Kalk wurde in Form von fein zerkleinertem karrarischen Marmor, sowie als Kalksand (mit ca. 84,6 % kohlensaurem Kalk) verwendet. Außerdem wurde auch Gips, ca. 98 % schwefelsauren Kalk enthaltend[2]), als kalkreiches Material der Prüfung unterzogen. Die Magnesia wurde als gepulverter Magnesit[3])

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 27.

[2]) Von der Aktien-Gesellschaft, vormals E. & O. Völker in Crailsheim dem Referenten in dankenswerther Weise zur Verfügung gestellt.

[3]) Von der Aktien-Gesellschaft für chemische Industrie in Mannheim bezogen.

(Magnesiumkarbonat) in Benutzung genommen. In dem Betracht, daß einerseits die kalk- resp. magnesiareichen Erdarten in der Natur in Bezug auf die Feinheit ihrer Partikel große Unterschiede aufzuweisen haben, und daß andererseits zur Feststellung ihres relativen Verhaltens zum Wasser die Herbeiführung einer möglichst übereinstimmenden Beschaffenheit der betreffenden Materialien hinsichtlich ihrer mechanischen Zusammensetzung nicht allein wünschenswerth, sondern auch erforderlich erschien, wurden dieselben durch Siebe in ein gröberes (0,171—0,25 mm) und in ein feineres Kornsortiment ($<$ 0,171 mm) zerlegt. Zur Vergleichung mit anderen mineralischen Böden dienten Quarzsand, fast ausschließlich aus Quarzkörnern bestehend, aus der Nürnberger Gegend bezogen (0,171—0,25 mm), und Lehm von Berg am Laim bei München ($<$ 0,171 mm) in Pulverform.

Um die Feuchtigkeitsverhältnisse der vorstehend näher bezeichneten Mineralböden, welche keinerlei organische Substanzen enthielten, unter möglichst natürlichen Verhältnissen feststellen zu können, wurden dieselben in sogenannte Lysimeter verbracht, welche eine Höhe von 30 cm, einen Querschnitt von 20 : 20 cm (400 qcm) besaßen und im Freien auf einem Tisch aufgestellt waren. Behufs Schutzes der in den Gefäßen befindlichen Erde vor stärkerer Erwärmung wurde in einer Entfernung von 15 cm von dem Holzrahmen, welcher zur Aufnahme sämmtlicher Apparate diente, ein dickwandiger Mantel aus starken Brettern angebracht und der hierdurch entstandene Zwischenraum mit Erde gefüllt[1]).

Die Böden wurden sämmtlich im lufttrockenen Zustande in die Lysimeter gefüllt, unter festem Zusammenpressen jeder etwa 2 cm hohen, gleichmäßig über den Querschnitt vertheilten Schicht, und zwar bis 1 cm unter dem Rande der Gefäße. Am 24. März fand die Aufstellung der Apparate im Freien statt; die regelmäßigen Wägungen derselben konnten erst mit dem 1. Mai begonnen werden, nachdem sich gezeigt hatte, daß die Durchfeuchtung der Materialien bis dahin noch eine unvollkommene war. Um die von dem Erdreich festgehaltenen Wassermengen zu eruiren, wurden die Zinkkästen nach sorgfältiger Entfernung des gegebenen Falls äußerlich noch anhaftenden Wassers am 1., 10. und 20. eines jeden Monats gewogen. Da das Gewicht der lufttrockenen Masse bekannt war,

[1]) Vergl. die Abbildung in dieser Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 271.

so ergab die Differenz zwischen diesem und dem bei jeder Wägung gefundenen die absolute Menge des tropfbar flüssigen Wassers.

Zur Bestimmung des volumprozentischen Wassergehaltes wurden während der Versuchsdauer in gleichmäßigen Zeitintervallen im Jahre 1895 zwölf, 1896 sechs Messungen des Abstandes der Bodenoberfläche von dem Rande der Gefäße vorgenommen und danach das mittlere Volumen des Bodens berechnet. Unter Zugrundelegung der durchschnittlichen absoluten Wassermengen ließ sich nunmehr der mittlere volumprozentische Wassergehalt leicht ausfindig machen. Die bezüglichen Daten für das Gewicht und das Volumen der lufttrockenen Versuchsmaterialien lassen sich aus folgender Uebersicht entnehmen:

Bezeichnung des Materials	Beschaffenheit des Materials	Korngröße in mm	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Mittleres Volumen des Bodens in Litern	
				1895	1896
Magnesit	grobkörnig	0,171–0,25	18330	11,164	10,546
»	fein »	< 0,171	17010	11,180	10,828
Gips	grobkörnig	0,171–0,25	16220	11,388	11,196
»	fein »	< 0,171	15270	11,476	11,336
Marmor	grobkörnig	0,171–0,25	21130	11,432	11,160
»	fein »	< 0,171	21200	11,284	11,164
Kalksand	grobkörnig	0,171–0,25	20930	11,308	11,188
»	fein »	< 0,171	19890	11,272	11,216
Quarzsand . . .	grobkörnig	0,171–0,25	20510	11,136	11,124
Lehm	feinkörnig	< 0,171	16950	11,272	11,092

Ueber den Wassergehalt der Böden in den beiden Versuchsjahren[1]) geben zunächst die folgenden Tabellen Auskunft:

1895.

a. Absoluter Wassergehalt des Bodens in gr.

Datum	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Quarzsand	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Lehm
	grobkörnig					feinkörnig				
1. Mai	2230	2710	2750	2220	1890	2740	3220	2860	2200	2460
10. »	1850	2350	1990	1640	1260	2030	2750	2080	1550	2070
20. »	3980	4410	2920	2750	2070	4290	5280	3880	3850	4590
1. Juni	3250	3280	1920	1670	1270	3790	4320	2760	2760	3510
10. »	3980	3960	2590	2320	1840	4790	4850	3540	3410	4350
20. »	3430	3340	2100	1740	1340	4560	4480	3150	2840	3900

[1]) Im Jahre 1896 wurden die Apparate, nachdem dieselben in dem vorangegangenen Winter mit Brettern bedeckt erhalten waren, ohne jegliche Veränderung von Neuem verwendet.

Datum	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Quarzsand	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Lehm
	grobkörnig					feinkörnig				
1. Juli	3280	2880	1440	1540	1170	4360	3950	2610	2230	3330
10. »	3010	2680	1600	1420	1320	4210	3850	2460	1770	2970
20. »	3570	3350	2370	2260	1840	4710	4580	3210	2490	3640
1. Aug.	3200	3060	1750	1770	1950	4530	4280	2560	1950	3340
10. »	3380	3310	1770	1670	1900	4690	4430	2780	1900	3390
20. »	3430	3430	1890	1600	1190	4440	4300	3080	2920	4120
1. Sept.	2590	2710	1240	1090	1000	3630	3620	1900	1760	3020
10. »	2100	2140	910	790	760	3120	3010	1250	1120	2390
20. »	2120	2110	990	820	950	3110	3040	1190	1200	2440
30. »	1850	1720	640	580	750	2780	2610	820	960	2110
Mittel:	**2953**	**2965**	**1804**	**1617**	**1406**	**3858**	**3911**	**2508**	**2182**	**3227**

b. Volumprozentischer Wassergehalt des Bodens.

Mittel:	**26,45**	**26,04**	**15,78**	**14,29**	**12,62**	**34,51**	**34,08**	**22,23**	**19,36**	**28,63**

1896.

a. Absoluter Wassergehalt des Bodens in gr.

Datum	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Quarzsand	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Lehm
1. April	1380	980	50	60	280	3090	1960	190	870	1560
10. »	3190	2820	1520	1680	1480	4760	3800	2060	2680	3890
20. »	3830	3880	2650	2060	1570	4740	4760	3330	3820	4410
1. Mai	4030	3900	2620	2120	1720	5140	4770	3760	3920	4640
10. »	3600	3660	2400	1790	1400	4660	4530	3540	3660	4340
20. »	2690	2840	1240	1380	1320	3890	3630	2510	2450	3300
1. Juni	2480	2740	1150	1260	1160	3910	3530	2350	2400	3190
10. »	2480	2920	960	1490	1470	4060	3700	2230	2290	3190
20. »	2730	3410	1050	1760	1360	4410	4200	2330	2520	3540
1. Juli	3250	3670	1350	1800	1440	4570	4550	2750	2840	4310
10. »	2470	2880	950	1200	970	3820	3750	2400	2430	4290
20. »	3220	3690	1850	2090	1560	4660	4590	2590	2930	4310
1. Aug.	2850	3170	2000	1370	1100	4130	4090	2510	2910	3990
10. »	3470	3800	2520	2000	1490	4760	4770	3650	3890	4650
20. »	3010	3370	2070	1460	1120	4210	4280	3060	3490	4270
1. Sept.	3120	3410	2070	1590	1120	4370	4380	3260	3620	4340
10. »	3180	3610	2200	1710	1210	4470	4480	3330	3740	4480
20. »	3070	3410	2100	1780	1190	4540	4430	3310	3750	4450
30. »	3430	3860	2550	2190	1520	4820	4930	3730	4170	4810
Mittel:	**3025**	**3264**	**1753**	**1621**	**1288**	**4369**	**4165**	**2784**	**3073**	**3972**

b. Volumprozentischer Wassergehalt des Bodens.

Mittel:	**28,68**	**29,15**	**15,71**	**14,49**	**11,58**	**40,35**	**36,74**	**24,49**	**27,94**	**35,81**

Aus diesen Zahlen läßt sich zunächst die bei einer anderen Gelegenheit[1]) näher festgestellte Thatsache entnehmen,

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 384.

1) daß der absolute und der volumprozentische Wassergehalt der Böden mit der Feinheit ihrer Elemente zunimmt.

Die im Uebrigen hervorgetretenen Unterschiede in den Feuchtigkeitsmengen der verschiedenen Bodenarten sind zunächst auf solche in der Wasserkapazität derselben zurückzuführen. Daß in dieser Beziehung nicht nur die Korngröße, sondern auch noch andere Eigenschaften der Versuchsmaterialien in Betracht zu ziehen sind, beweisen die ziemlich beträchtlichen Differenzen in dem Wassergehalt der Böden innerhalb der beiden Sortimente. Wenn auch nicht angenommen werden kann, daß die mit den gleichen Sieben hergestellten Erdproben vollständige Uebereinstimmung in der Größe ihrer Partikel besaßen, so würden die beobachteten Daten angesichts der bedeutenden Abweichungen in denselben gleichwohl nicht durch Ungleichheiten hinsichtlich der Korngrößen sich erklären lassen, vielmehr wird, wie mit Sicherheit angenommen werden darf, das verschiedene Verhalten der in Verwendung gekommenen Materialien einerseits einem verschiedenen Gehalt derselben an kolloidalen Bestandtheilen zuzuschreiben, andererseits auf Unterschieden in der Form der Partikel zurückzuführen sein.

Schon bei oberflächlicher Untersuchung der durchfeuchteten Masse ließ sich erkennen, daß Magnesit und Gips durch eine gewisse schleimige Beschaffenheit, vermuthlich in Folge eines größeren Gehaltes an Kolloidsubstanzen, sich von dem gepulverten Marmor und Quarzsande, sowie größtentheils auch von dem Kalksande, deren Theilchen krystallinisch resp. kompakt erschienen, wesentlich abwichen. Hierin ist wohl hauptsächlich die Ursache der Erscheinung zu suchen, daß Magnesit und Gips bei fast gleicher Feinheit der Partikel einen beträchtlich höheren Wasservorrath enthielten als der Marmor, Kalk- und Quarzsand und selbst der Lehm.

Für den geringen Feuchtigkeitsgehalt des Quarzsandes gegenüber dem Marmorpulver und Kalksand ist die Thatsache in Anspruch zu nehmen, daß die Kalkpartikel neben einer gewissen Porosität eine ungleich unregelmäßigere Gestalt besitzen und deshalb eine stärkere Attraktion auf das Wasser auszuüben vermögen als die nichtporösen, rundlichen und glatten Quarzkörner[1]). Dazu kommt, daß sich in Folge dieser

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 198.

Unterschiede im ersteren Fall eine größere Zahl feinster Kapillarräume in der Masse vorfindet als in letzterem, wodurch nicht allein Unterschiede in der Wasserkapazität, sondern auch solche in der Bewegung des Wassers[1]), welche gleichergestalt für die Feuchtigkeitsmengen in dem Boden maßgebend ist, hervorgerufen werden.

Bei Zusammenfassung der im Bisherigen geschilderten Gesetzmäßigkeiten wird gefolgert werden dürfen,

2) daß die kohlensaure Magnesia, der kohlensaure und schwefelsaure Kalk im grobkörnigen Zustande dem Quarzsand, im feinkörnigen dem Lehm bezüglich der aufgespeicherten Wassermengen überlegen sind.

Zur Vermeidung von Irrthümern darf hier nicht unerwähnt gelassen werden, daß es sich in vorliegenden Versuchen zunächst darum handelte, eine Vorstellung von dem Verhalten des Kalkes und der Magnesia dem Wasser gegenüber unter dem Einfluß der atmosphärischen Niederschläge zu gewinnen, ohne Rücksicht auf die Formen, in welchen jene beiden Bestandtheile in der Natur in den Böden auftreten. Es mußten deshalb von fremdartigen Beimengungen möglichst freie Mineralsubstanzen gewählt und denselben, des Vergleichs wegen, durch Sieben eine thunlichst gleiche mechanische Zusammensetzung gegeben werden. Indem in Wirklichkeit diese Bodenkonstituenten nur selten für sich, vielmehr meist im Gemisch mit anderen mineralischen Bestandtheilen aufzutreten pflegen, lassen sich die Ergebnisse vorstehender Versuche größtentheils nicht direkt für die Beurtheilung der natürlichen Böden verwenden. Als sicher feststehend wird jedoch die aus den mitgetheilten Daten sich ergebende Thatsache betrachtet werden müssen, daß unter übrigens gleichen Umständen die kohlensaure Magnesia, sowie der kohlensaure und schwefelsaure Kalk in Bezug auf die festgehaltenen Wassermengen bei sandiger Beschaffenheit den Quarzsand und bei großer Feinheit der Partikel den Lehm übertreffen, sich im letzteren Fall dem Thon ähnlich verhalten. Von diesem Gesichtspunkt sind die Feuchtigkeitsverhältnisse der meist feinkörnigen reinen Kalk- und Kreideböden, besonders aber die Bildungen zu beurtheilen, welche sich in Seen oder Torfmooren durch Niederschläge

---

[1]) *W. Edler.* Die kapillare Leitung des Wassers in den durch den *Schöne*'schen Schlämmapparat abgeschiedenen hydraulischen Werthen. Inaugural-Dissertation. Göttingen. 1882. — Diese Zeitschrift. Bd. VI. 1883. S. 56.

aus dem Wasser als sogenannte Seekreide oder Wiesenkalk (Alm) gebildet haben. Der kohlensaure Kalk in letzteren Formen, sowie auch der gefällte schwefelsaure Kalk besitzen im hohen Grade die Fähigkeit, das Wasser in großen Mengen zurückzuhalten. In der in letzterer Beziehung aufzustellenden Skala würden nach den vorliegenden und früheren Untersuchungen[1]) demnach die Bodenkonstituenten, wenn von den mit den höchsten Wasserfassungsvermögen ausgestatteten ausgegangen wird, in absteigender Reihe im Allgemeinen wie folgt rangiren: Humus, Thon, Kalk und Magnesia (feinkörnig), Kalksand und schließlich Quarzsand.

Es erübrigt nunmehr in dieser Darstellung der Feuchtigkeitsverhältnisse der in Rede stehenden Böden die Unterschiede zu charakterisiren, welche dieselben bezüglich der Abgabe des Wassers in die Tiefe und an die Atmosphäre aufzuweisen haben.

Ersteren Punkt anlangend, wäre vorerst zu berichten, daß die Sickerwassermengen alle Tage um 5 h p. m. gemessen, die Verdunstungsmengen für den zwischen zwei Wägungen gelegenen Zeitraum berechnet wurden. Es geschah dies in der Weise, daß von der an einem in unmittelbarer Nähe der Lysimeter befindlichen Regenmesser abgelesenen Niederschlagsmenge die Drainwassermenge abgezogen wurde und die erhaltene Zahl, je nachdem von einer Wägung zur anderen eine Abnahme oder eine Zunahme des Wassergehaltes im Boden stattgefunden hatte, entsprechend diesen Aenderungen erhöht resp. erniedrigt wurde.

In dem Betracht, daß die unterirdische Absickerung um so größer[2]), die Verdunstung um so geringer ist[3]), je weniger Wasser der Boden enthält, mußte a priori erwartet werden, daß der Marmor, der Kalk- und Quarzsand eine größere Sickerwasser- und eine geringere Verdunstungsmenge aufweisen würden als der Magnesit, der Gips und der Lehm. Dies war jedoch nur theilweise der Fall, wie die diesbezüglichen Daten in den folgenden Tabellen darthun:

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 33.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 442. — Bd. XI. 1888. S. 38.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 38.

c. *Sickerwassermengen pro 400 qcm Fläche in gr.*

1895.

Datum	Niederschlagsmenge pro 400 qcm gr	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Quarzsand	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Lehm
		grobkörnig					feinkörnig				
1.–10. Mai	600	—	—	122	—	310	—	—	—	—	—
10.–20. »	3179	580	670	1528	1475	2185	—	155	627	—	—
20.–31. »	1011	396	425	514	396	196	—	327	463	190	60
1.–10. Juni	3286	460	805	895	482	1132	94	420	335	137	48
10.–20. »	874	440	503	687	416	740	368	238	380	140	158
20.–30. »	2362	1005	1330	1450	1225	1525	975	1240	1160	965	805
1.–10. Juli	863	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.–20. »	1763	30	—	35	75	570	—	—	—	—	10
20.–31. »	1388	—	—	—	—	195	—	—	—	—	22
1.–10. Aug.	1444	—	—	—	—	335	—	30	—	—	—
10.–20. »	2560	1165	1265	1223	1150	1680	1402	1270	35	32	345
20.–31. »	285	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1.–10. Septb.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10.–20. »	660	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20.–30. »	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summa:	20275	4076	4998	6454	5219	8868	2839	3680	3000	1464	1448

1896.

1.–10. April	1999	—	—	210	—	640	—	—	—	—	—
10.–20. »	1967	855	453	357	878	1355	1005	390	—	180	330
20.–30. »	770	—	—	5	5	15	10	5	—	—	—
1.–10. Mai	3585	3025	3150	3020	3158	3303	2867	3002	2578	2595	2760
10.–20. »	675	—	—	—	—	80	—	—	—	—	—
20.–31. »	1995	717	800	610	985	1467	590	670	530	233	505
1.–10. Juni	1110	—	—	—	—	103	—	—	—	—	—
10.–20. »	2410	250	275	134	190	1087	—	110	—	—	—
20.–30. »	1502	310	480	221	455	520	365	167	—	—	—
1.–10. Juli	1220	775	808	283	565	797	568	675	—	—	—
10.–20. »	2883	465	402	—	425	1138	—	—	—	—	—
20.–31. »	1450	595	555	15	655	725	308	355	—	—	—
1.–10. Aug.	2780	1385	1693	1760	1555	1987	1190	1237	970	1108	1117
10.–20. »	590	30	23	—	20	50	70	40	—	—	—
20.–31. »	1833	835	933	775	680	1043	640	710	388	535	470
1.–10. Septb.	1153	275	420	185	185	460	220	255	58	155	65
10.–20. »	3360	2185	2290	2043	2275	2830	1995	1712	1668	2090	2150
20.–30. »	1895	1258	1235	993	1070	1435	1060	950	933	1087	1205
Summa:	33177	12960	13517	10611	13101	19035	10888	10278	7125	7985	8602

d. Verdunstungsmengen pro 400 qcm Fläche in gr.

1895.

Datum	Niederschlagsmenge pro 400 qcm gr	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Quarzsand	Magnesit	Gips	Marmor	Kalksand	Lehm
		grobkörnig					feinkörnig				
1.–10. Mai	600	980	960	1238	1180	920	1310	1070	1380	1250	990
10.–20. »	3179	469	449	721	594	184	919	494	752	879	659
20.–31. »	1011	1345	1716	1497	1695	1615	1511	1816	1504	2101	2091
1.–10. Juni	3286	2096	1801	1721	2154	1584	2192	2336	2171	2499	2398
10.–20. »	874	984	991	677	1038	634	736	1006	884	1304	1166
20.–30. »	2362	1497	1492	1572	1337	1007	1587	1652	1742	2007	2127
1.–10. Juli	863	1133	1063	703	983	713	1013	963	1013	1323	1223
10.–20. »	1763	1173	1093	958	848	673	1263	1033	1013	1043	1082
20.–31. »	1388	1758	1678	2008	1878	1413	1568	1688	2038	1928	1672
1.–10. Aug.	1444	1264	1194	1424	1544	1255	1284	1264	1224	1494	1394
10.–20. »	2560	1345	1175	1217	1480	1200	1408	1420	1525	1508	1485
20.–31. »	285	1125	1005	935	795	475	1095	965	1465	1445	1385
1.–10. Septb.	—	490	570	330	300	240	510	610	650	640	630
10.–20. »	660	640	690	580	630	470	670	630	720	580	610
20.–30. »	—	270	390	350	240	200	380	430	370	240	330
Summa:	20275	16569	16267	15931	16696	12583	17446	17377	18451	20241	19242

1896.

1.–10. April	1999	189	159	319	379	159	329	159	129	189	169
10.–20. »	1967	472	454	480	709	522	982	617	697	657	617
20.–30. »	770	570	750	735	705	605	360	755	340	670	540
1.–10. Mai	3585	990	675	785	757	602	1198	823	1227	1250	1125
10.–20. »	675	1585	1495	1835	1085	675	1445	1575	1705	1885	1715
20.–31. »	1995	1488	1295	1075	1130	688	1385	1425	1625	1812	1600
1.–10. Juni	1110	1110	930	1300	880	800	960	940	1230	1220	1110
10.–20. »	2410	1910	1645	2186	1950	1433	2060	1800	2310	2180	2060
20.–30. »	1502	672	762	981	1007	902	977	985	1082	1182	872
1.–10. Juli	1220	1225	1202	1337	1255	893	1402	1345	1570	1630	1240
10.–20. »	2883	1668	1671	1983	1578	1155	2043	2043	2693	2383	2863
20.–31. »	1450	1225	1415	1285	1515	1185	1672	1595	1530	1470	1770
1.–10. Aug.	2780	775	457	500	595	403	960	863	770	692	1003
10.–20. »	590	1020	997	1040	1110	910	1070	1040	1180	990	970
20.–31. »	1833	888	860	1058	1023	790	1033	1023	1245	1168	1293
1.–10. Septb.	1153	818	533	818	848	603	833	798	1025	878	948
10.–20. »	3360	1285	1270	1417	1035	550	1295	1698	1762	1260	1240
20.–30. »	1895	277	210	452	415	130	545	445	542	488	330
Summa:	33177	18167	16780	19586	17976	13005	20549	19929	22662	22004	21465

Abgesehen von einigen unbedeutenden Abweichungen geht aus vorstehenden Zahlen hervor,

3) daß die Sickerwassermengen in dem Magnesit und Gips größer sind als in dem Marmorpulver und Kalksand bei übrigens gleicher Beschaffenheit der Partikel;

4) daß dagegen die Verdunstungsmengen der bezeichneten beiden Kategorien von Materialien sich umgekehrt gestalten.

Aus den ad 3 präzisirten Gesetzmäßigkeiten geht wohl deutlich genug hervor, daß die in dem Wassergehalt der Böden hervorgetretenen Unterschiede nicht etwa auf solchen in der Korngröße beruhen, wie man vielleicht geneigt sein könnte, anzunehmen, denn wäre dies der Fall, so hätten Marmorpulver und Kalksand durch unterirdische Absickerung eine größere Wassermenge verlieren müssen als Magnesit und Gips. Die Ursachen des verschiedenen Verhaltens der Versuchsmaterialien in fraglicher Richtung ausfindig zu machen, bietet einige Schwierigkeiten, besonders insofern, als die Art der Bewegung des Wassers, welche hierbei zweifellos ausschlaggebend ist, für die vorliegenden Bodenbestandtheile nicht näher bekannt ist. Eine Erklärung für die betreffenden Erscheinungen ließe sich vielleicht in der Annahme finden, daß in dem reichlich mit kolloidalen Bestandtheilen ausgestatteten zerkleinerten Magnesit und Gips in gewissem Grade eine Krümelbildung eingetreten war, durch welche der Abwärtsbewegung des Wassers Vorschub geleistet wurde [1]), während bei dem an Kolloidsubstanzen freien Marmorpulver und Kalksand, weil sich dieselben ausschließlich im Zustande der Einzelkornstruktur befanden, die Leitung des Wassers in die Tiefe vergleichsweise nur mit geringerer Geschwindigkeit vor sich gehen konnte. Dafür, daß der Lehm bezüglich der Sickerwassermengen ein mittleres Verhalten zeigte, spricht der Umstand, daß sein Gehalt an kolloidalen Substanzen geringer war als derjenige des Magnesites und Gipses, und was schließlich den Quarzsand anlangt, welcher unter allen Materialien die größten Wassermengen durch unterirdische Absickerung verlor, so ist dessen Verhalten in dieser Richtung darauf zurückzuführen, daß das Wasser in dieser Bodenart wegen der regelmäßigeren Gestalt und glatten Oberfläche der Partikel

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 395.

vergleichsweise die geringsten Widerstände bei der Bewegung nach unten findet. Die kalk- und magnesiareichen Mineralpulver sind, wenn die im Vorstehenden mitgetheilten Thatsachen zusammengefaßt werden, den übrigen Hauptbodengemengtheilen gegenüber dadurch charakterisirt, daß der kohlensaure Kalk bei feinerdiger Beschaffenheit geringere Mengen von Wasser durch unterirdische Absickerung verliert als der Lehm und wahrscheinlich in dieser Beziehung dem Thon sehr nahe steht, während Magnesit und Gips unter sonst gleichen Verhältnissen ungleich größere Sickerwassermengen aufzuweisen haben und der Quarzsand hierin alle übrigen Bodenarten übertrifft.

Die betreffs der Verdunstung der verschiedenen Materialien ermittelten Thatsachen lassen sich von ähnlichen, wie von den für die Absickerung in Anwendung gebrachten Gesichtspunkten erklären. Die theilweise Krümelbildung in dem Magnesit- und Gipspulver mußte nothwendigerweise eine Verminderung der Verdunstungsmengen zur Folge haben im Vergleich zu jenen, welche bei dem im Zustande der Einzelkornstruktur befindlichen zerkleinerten Marmor und Kalksand beobachtet wurden, denn im ersteren Fall geht, wie andererseits nachgewiesen wurde[1]), der kapillare Aufstieg mit geringerer Geschwindigkeit vor sich als in letzterem. Dazu kommt, daß in gleicher Weise die Oberfläche des Bodens eher abtrocknet und dem Boden in demselben Sinne ein Schutz gegenüber den Verdunstungsfaktoren gewährt wird. Dies ließ sich auch in den vorliegenden Versuchen in dem Jahre 1895 wahrnehmen, indem in diesem die Oberfläche des Magnesit und Gipses bei dem Eintritt von Trockenperioden eher abtrocknete als jene des Marmors und Kalksandes. Der Lehm zeigte in fraglicher Beziehung ein zwischen beiden vorgenannten Kategorien stehendes mittleres Verhalten, während der Quarzsand die geringsten Wassermengen durch Verdunstung an die Atmosphäre abgab, und zwar, weil er vergleichsweise den kleinsten Feuchtigkeitsgehalt besaß[2]) und unter allen Bodengemengtheilen am frühesten in der zu Tage tretenden Schicht eine Austrocknung erleidet.

In praktischer Hinsicht schien es dem Referenten angezeigt, der Frage schließlich näher zu treten, inwieweit die mit kalkreichen Materialien ausgeführten Düngungen die Feuchtigkeitsmengen des Bodens zu alteriren

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 283.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. VII. 1884. S. 38.

vermögen. Zu diesem Zweck wurde lufttrockener Lehm einerseits im pulverförmigen Zustande (< 0,25 mm), andererseits in Krümelform (1—4 mm) unter Beimengung von Kalkhydrat (frisch gelöschtem gebrannten Kalk) und Kalkkarbonat (gefällt, in chemisch reinem Zustande) in Anwendung gebracht. Dem Lehmpulver wurde der frisch bereitete Aetzkalk mit Hilfe von Sieben auf das Sorgfältigste zugemischt, in einer Menge von 0,5 % der ganzen Masse (pro Lysimeter 100 gr). Bei der Zufuhr dieses Düngemittels zu den Lehmkrümeln wurden diese zunächst in einer dünnen Schicht ausgebreitet und mit dem Kalkhydrat (zu 0,6 %) überstreut, hierauf mit demselben gemengt. Die Füllung der Lysimeter erfolgte sofort nach der Herstellung des Gemisches, und zwar bei dem Lehmpulver unter sanftem Zusammenpressen jeder 3 cm-Schicht, bei den Lehmkrümeln bei lockerer Lagerung bis zu 1 cm unter dem Rande der Apparate. Der kohlensaure Kalk, welcher ein äußerst feines Pulver bildete, wurde in derselben Weise, aber in einer Menge von 250 gr (ca. 1,25 resp. 1,5 % der Masse) verwendet. Im Uebrigen war die Versuchsanordnung dieselbe wie die in den oben mitgetheilten Untersuchungen gewählte[1]).

Ueber das Gewicht und das Volumen der Böden geben die folgenden Zahlen näheren Aufschluß:

Bezeichnung des Materials	Gewicht des lufttrockenen Bodens gr	Mittleres Volumen des Bodens in Litern	
		1895	1896
Lehmpulver ohne Beimischung	16950	11,272	11,092
» mit Kalkhydrat	16550	11,352	11,264
» mit Kalkkarbonat	16550	11,252	11,088
Lehmkrümel ohne Beimischung	14030	11,200	10,744
» mit Kalkhydrat	14080	11,276	11,016
» mit Kalkkarbonat	14700	11,256	11,000

Bezüglich des Wassergehaltes dieser Böden sind die in nachstehenden Tabellen aufgeführten Zahlen einzusehen:

[1]) Die Apparate blieben, mit Brettern bedeckt, den Winter über im Freien stehen und wurden, ohne Aenderung ihres Inhaltes, im folgenden Jahre von Neuem verwendet.

1895.

a. Absoluter Wassergehalt des Bodens in gr.

Datum	Lehmpulver			Lehmkrümel		
	ohne Kalk	mit Kalkhydrat	mit Kalkkarbonat	ohne Kalk	mit Kalkhydrat	mit Kalkkarbonat
1. Mai . . .	2460	2600	2450	2150	2210	2140
10. » . . .	2070	2250	2110	1950	2080	1960
20. » . . .	4590	4800	4210	3100	3480	3310
1. Juni . . .	3510	3910	3280	2270	2480	2290
10. » . . .	4350	4860	3970	2800	2980	2790
20. » . . .	3900	4320	3510	2400	2600	2440
1. Juli . . .	3330	3750	3510	2270	2430	2330
10. » . . .	2970	3300	3130	2270	2380	2310
20. » . . .	3640	3800	3660	2900	3180	3140
1. August . .	3340	3550	3260	2550	2640	2560
10. » . .	3390	3720	3350	2620	2680	2610
20. » . .	4120	4530	4220	2550	2770	2740
1. September .	3020	3440	3100	2140	2240	2220
10. » .	2390	2630	2480	1690	1830	1780
20. » .	2440	2680	2490	1780	1880	1810
30. » .	2110	2260	2270	1460	1590	1580
Mittel:	**3227**	**3528**	**3187**	**2306**	**2466**	**2376**

b. Volumprozentischer Wassergehalt des Bodens.

Mittel:	**28,63**	**31,01**	**28,25**	**20,59**	**21,87**	**21,11**

1896.

a. Absoluter Wassergehalt des Bodens in gr.

Datum	Lehmpulver ohne Kalk	Lehmpulver mit Kalkhydrat	Lehmpulver mit Kalkkarbonat	Lehmkrümel ohne Kalk	Lehmkrümel mit Kalkhydrat	Lehmkrümel mit Kalkkarbonat
1. April . . .	1560	1570	1740	920	1060	1210
10. » . . .	3390	3350	3460	2590	2830	2940
20. » . . .	4410	4700	4720	2690	3100	3090
1. Mai . . .	4640	5050	4860	3000	3330	3390
10. » . . .	4340	4740	4660	2520	2850	2810
20. » . . .	3300	3670	3460	2120	2180	2220
1. Juni . . .	3190	3580	3330	2040	2130	2160
10. » . . .	3190	3580	3200	2180	2230	2260
20. » . . .	3540	3940	3550	2520	2670	2630
1. Juli . . .	4310	4500	4120	2630	2940	2840
10. » . . .	4290	4310	3940	2160	2330	2260
20. » . . .	4310	4430	4410	2770	2950	2940
1. August . .	3990	4280	4220	2300	2490	2400
10. » . .	4650	4960	4940	2800	3180	3010
20. » . .	4270	4550	4620	2430	2710	2520
1. September .	4340	4620	4680	2470	2800	2660
10. » .	4480	4740	4790	2570	2920	2760
20. » .	4450	4710	4830	2570	2890	2740
30. » .	4810	5040	5160	2970	3350	3190
Mittel:	**3972**	**4227**	**4142**	**2434**	**2681**	**2623**

b. Volumprozentischer Wassergehalt des Bodens.

Mittel:	**35,81**	**37,53**	**37,36**	**22,65**	**24,34**	**23,85**

Bei Durchsicht dieser Zahlen erkennt man sofort,

1) daß durch die Zufuhr von Kalkkarbonat und Kalkhydrat der Wassergehalt des Lehmes sowohl im pulverförmigen als krümeligen Zustand eine Erhöhung erfährt[1]), und zwar

2) daß diese Wirkung bei der Verwendung von Aetzkalk eine intensivere ist als bei jener von kohlensaurem Kalk.

Der geschilderte Einfluß des Kalkes auf den Feuchtigkeitsgehalt des Lehmes ist vor Allem auf die Veränderungen zurückzuführen, welche letzterer durch die Zufuhr der beiden bezeichneten Substanzen erleidet. Durch das Kalkhydrat erhält der Boden ein lockeres Gefüge und nimmt im feuchten Zustande zum Theil eine eigenthümliche gallertartige Beschaffenheit an, in Folge dessen er befähigt wird, eine größere Wassermenge zurückzuhalten als im unveränderten Zustande. Das Kalkkarbonat hat auf die Lagerungsverhältnisse der Bodentheilchen eine ähnliche Wirkung, wenngleich in einem etwas schwächeren Grade als der Aetzkalk; ebenso läßt sich auch anfänglich eine gewisse schliefige Beschaffenheit der Masse wahrnehmen, die indessen bei dem pulverförmigen Lehm allmählich verschwindet, indem in demselben Maße eine eigenartige Verkittung der Bodentheilchen eintritt, eine Erscheinung, die vom Referenten auch unter gleichen Umständen bei Quarzsand beobachtet wurde[2]). Daß letzterer übrigens durch Beimengung von Kalkhydrat oder Kalkkarbonat gleichfalls eine Steigerung seines Wasseraufspeicherungsvermögens erfahren muß, bedarf insofern keines besonderen ziffernmäßigen Nachweises, als, wie bekannt, die Wasserkapazität aller grobkörnigen Böden durch Zufuhr feinpulveriger Mineralsubstanzen überhaupt gefördert wird[3]).

Ueber die durch den Aetzkalk und den kohlensauren Kalk hervorgerufenen Abänderungen in der unterirdischen Wasserabfuhr und in der Verdunstung bei dem Lehm wurden folgende Beobachtungen gemacht:

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XIX. 1896. S. 52 und 55.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 167.
[3]) Diese Zeitschrift. Bd. XVIII. 1895. S. 36.

c. Sickerwassermengen pro 400 qcm Fläche in gr.

1895.

Datum	Niederschlagsmenge pro 400 qcm gr	Lehmpulver			Lehmkrümel		
		ohne Kalk	mit Kalkhydrat	mit Kalkkarbonat	ohne Kalk	mit Kalkhydrat	mit Kalkkarbonat
1.—10. Mai . .	600	—	—	—	—	—	—
10.—20. » . .	3179	—	—	—	979	785	790
20.—31. » . .	1011	60	—	—	420	484	425
1.—10. Juni . .	3286	48	—	—	485	302	240
10.—20. » . .	874	158	140	—	415	307	229
20.—30. » . .	2362	805	740	88	1405	1327	1255
1.—10. Juli . .	863	—	—	—	—	—	—
10.—20. » . .	1763	10	—	—	212	10	13
20.—31. » . .	1388	22	—	—	—	—	—
1.—10. August .	1444	—	—	—	125	—	—
10.—20. » .	2560	345	196	—	1393	1064	984
20.—31. » .	285	—	—	—	—	—	—
1.—10. Septbr. .	—	—	—	—	—	—	—
10.—20. » .	660	—	—	—	—	—	—
20.—30. » .	—	—	—	—	—	—	—
Summa:	20275	**1448**	**1076**	**88**	**5434**	**4279**	**3936**

1896.

Datum	Niederschlagsmenge pro 400 qcm gr	Lehmpulver ohne Kalk	Lehmpulver mit Kalkhydrat	Lehmpulver mit Kalkkarbonat	Lehmkrümel ohne Kalk	Lehmkrümel mit Kalkhydrat	Lehmkrümel mit Kalkkarbonat
1.—10. April .	1999	—	—	—	94	—	—
10.—20. » .	1967	330	—	40	1170	1072	1100
20.—30. » .	770	—	—	—	—	—	—
1.—10. Mai . .	3585	2760	2576	2320	2925	2815	2808
10.—20. » . .	675	—	—	—	—	—	—
20.—31. » . .	1995	505	450	340	1055	752	670
1.—10. Juni . .	1110	—	—	—	—	—	—
10.—20. » . .	2410	—	—	—	265	—	—
20.—30. » . .	1502	—	—	—	538	315	315
1.—10. Juli . .	1220	—	—	—	673	622	565
10.—20. » . .	2883	—	—	—	422	—	—
20.—31. » . .	1450	—	—	—	625	533	445
1.—10. August .	2780	1117	1020	920	1736	1503	1540
10.—20. » .	590	—	—	—	25	—	—
20.—31. » .	1833	470	448	413	890	695	580
1.—10. Septbr. .	1153	65	—	—	315	235	135
10.—20. » .	3360	2150	2065	1890	2361	2283	1830
20.—30. » .	1895	1205	1205	987	1284	1165	1130
Summa:	33177	**8602**	**7764**	**6910**	**14378**	**11990**	**11118**

d. Verdunstungsmengen pro 400 qcm Fläche in gr.

1895.

Datum	Niederschlagsmenge pro 400 qcm gr	Lehmpulver			Lehmkrümel		
		ohne Kalk	mit Kalk-hydrat	mit Kalk-karbonat	ohne Kalk	mit Kalk-hydrat	mit Kalk-karbonat
1.—10. Mai . .	600	990	950	940	800	730	780
10.—20. » . .	3179	659	629	1079	1050	1094	1039
20.—31. » . .	1011	2091	1901	1941	1421	1527	1606
1.—10. Juni . .	3286	2398	2336	2596	2271	2484	2546
10.—20. » . .	874	1166	1274	1334	859	947	995
20.—30. » . .	2362	2127	2190	2274	1087	1205	1227
1.—10. Juli . .	863	1223	1312	1242	862	912	872
10.—20. » . .	1763	1082	1263	1233	921	953	920
20.—31. » . .	1388	1672	1638	1768	1738	1928	1968
1.—10. August .	1444	1394	1274	1354	1249	1400	1394
10.—20. » . .	2560	1485	1544	1690	1237	1406	1446
20.—31. » . .	285	1385	1375	1405	695	815	805
1.—10. Septbr. .	—	630	810	620	450	410	440
10.—20. » . .	660	610	610	650	570	610	630
20.—30. » . .	—	530	420	220	320	290	230
Summa:	20275	19242	19526	20346	15530	16711	16898

1896.

Datum	Niederschlagsmenge pro 400 qcm gr	Lehmpulver ohne Kalk	Lehmpulver mit Kalkhydrat	Lehmpulver mit Kalkkarbonat	Lehmkrümel ohne Kalk	Lehmkrümel mit Kalkhydrat	Lehmkrümel mit Kalkkarbonat
1.—10. April .	1999	169	219	279	235	229	269
10.—20. » . .	1967	617	617	667	797	625	717
20.—30. » . .	770	540	420	630	460	540	470
1.—10. Mai . .	3585	1125	1319	1465	1140	1250	1357
10.—20. » . .	675	1715	1745	1875	1075	1345	1265
20.—31. » . .	1995	1600	[illegible]	1785	1020	1293	1385
1.—10. Juni . .	1110	1110	1110	[illegible]	1050	1010	1010
10.—20. » . .	2410	2060	2050	[illegible]	1805	1970	2040
20.—30. » . .	1502	872	942	932	854	917	977
1.—10. Juli . .	1220	1240	[illegible]	[illegible]	1017	1208	1235
10.—20. » . .	2883	2863	[illegible]	[illegible]	1851	2263	2203
20.—31. » . .	1450	1770	[illegible]	[illegible]	1295	1377	1545
1.—10. August .	2780	1003	[illegible]	[illegible]	544	587	630
10.—20. » . .	590	970	[illegible]	[illegible]	935	1060	1080
20.—31. » . .	1833	1293	[illegible]	[illegible]	903	1048	1113
1.—10. Septbr. .	1153	948	[illegible]	[illegible]	738	798	918
10.—20. » . .	3360	1240	[illegible]	[illegible]	999	1107	1550
20.—30. » . .	1895	330	[illegible]	[illegible]	211	270	315
Summa:	33177	21465	[illegible]	[illegible]	16929	18897	20079

Diese Zahlen zeigen mit großer Regelmäßigkeit,

3) daß die Sickerwassermengen sowohl in dem pulverförmigen als in dem krümeligen Lehm durch Beimischung von Aetzkalk und Kalkkarbonat herabgedrückt werden, während die Verdunstungsmengen in entgegengesetztem Sinne beeinflußt werden;

4) daß die in bezeichneter Richtung hervorgerufenen Wirkungen sich seitens des kohlensauren Kalkes in stärkerem Grade geltend machen als seitens des Kalkhydrates.

Eine Erklärung für diese Erscheinungen wird in den oben geschilderten Abänderungen in der Beschaffenheit des Lehmes in Folge der Beimischung des Kalkes gefunden werden können. Dadurch, daß der Aetzkalk in dem Lehmpulver eine lockere Lagerung der Partikel ohne Krümelbildung hervorruft und, in innigster Mischung mit demselben, sich als noch feinervertheilte und gleichzeitig mit kolloidalen Eigenschaften ausgestattete Substanz in die Poren zwischen die Lehmtheilchen einschiebt, wird durch die hierdurch bedingten größeren Widerstände die Abwärtsbewegung des Wassers verlangsamt. In den Lehmkrümeln werden offenbar die auf der Oberfläche derselben befindlichen Kalktheilchen theils an sich, theils durch ihre große Wasserkapazität und Volumvermehrung durch Gallertbildung das Lumen der nichtkapillaren Hohlräume verengen und damit der Absickerung des Wassers in die Tiefe innerhalb gewisser Grenzen hinderlich sein. Indem durch den kohlensauren Kalk ähnliche Veränderungen in der Masse hervorgerufen werden, zudem aber noch eine Verkittung der Theilchen resp. der Krümel in derselben veranlaßt wird, muß die Verlangsamung der Wasserbewegung eine noch weitgreifendere Einschränkung erfahren als in dem vorbezeichneten Falle.

Die Abgabe des Wassers an die Oberfläche des Bodens steht in der Regel, wenn auch nicht immer, in einem umgekehrten Verhältniß zur Absickerung, so daß es nicht Wunder nehmen kann, wenn in den vorliegenden Versuchen die Verdunstungsmenge durch die Kalkzugabe und zwar bei der Anwendung von Kalkkarbonat in höherem Grade als bei derjenigen von Aetzkalk gesteigert wurde. Die durch die Mischung mit Kalk bedingten Veränderungen in dem Lehm mußten offenbar die kapillare Bewegung des Wassers gegen die Oberfläche begünstigt haben. Daß dies bei dem kohlensauren Kalk in höherem Maße der Fall war als bei dem

Kalkhydrat, mag außer auf den oben geschilderten Veränderungen in der mechanischen Beschaffenheit des Bodens zum Theil mit darauf beruhen, daß von ersterem eine größere Menge angewendet worden war als von letzterem.

Zur Beurtheilung des Einflusses der Kalkdüngungen auf die Bodenfeuchtigkeit unter den in der landwirthschaftlichen Praxis gegebenen Verhältnissen sind die in diesen Untersuchungen ermittelten Thatsachen, wie schließlich besonders hervorgehoben sein mag, nicht ohne Weiteres verwerthbar, weil aus denselben Schlußfolgerungen für die Wirkungen des Kalkes nur für den Fall abgeleitet werden dürfen, wo keine anderweitigen Veränderungen mit dem Boden vorgenommen werden. Wenn aber letzterer bearbeitet wird und hierbei alle Regeln befolgt werden, welche behufs Herstellung einer normalen Struktur in den bindigen Böden besonders in das Auge zu fassen sind[1]), dann werden die Versuchsergebnisse keine unmittelbare Anwendung auf die praktischen Verhältnisse finden können, weil der Kalk in Form von Aetzkalk oder von Kalkkarbonat die Krümelbildung wesentlich fördert und hierdurch unter den angegebenen Bedingungen ausnahmslos die Feuchtigkeitsmenge im Boden beschränkt, die Sickerwassermenge vermehrt und die Verdunstung herabmindert[2]). Bei sandigen, nicht zur Krümelbildung neigenden Bodenarten wird dagegen der Kalk entsprechend seiner Menge allemal zu einer Steigerung des Wasservorrathes Veranlassung geben, weil durch die Beimengung einer größeren Menge äußerst feinkörniger Bestandtheile nothwendigerweise die Wasserkapazität des Erdreiches eine Erhöhung erfährt.

F. Wassergehalt der eisenreichen Bodenarten.

Das Eisen, welches meistentheils in Form von Eisenoxyd im Boden aufzutreten pflegt, wirkt in diesem Zustande auf den Wassergehalt der grobkörnigen, sandigen Erdarten günstig ein, indem mit der Menge desselben die Wasserkapazität derselben zu-, deren Permeabilität hingegen abnimmt. Erklärlich wird dies, wenn man berücksichtigt, daß die äußerst feinen Theilchen des aus einem Niederschlag herstammenden Eisenoxyds zu einer Vermehrung des Feinerdegehaltes des Bodens wesentlich bei-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1898. S. 245.

[2]) Diese Zeitschrift. Bd. XVI. 1893. S. 395.

tragen und dadurch das Volumen der Poren verkleinern. Das Eisenoxydhydrat, welches sich in den durchlüfteten Boden aus dem kohlensauren Eisenoxydul bildet, ist in diesem Falle den kolloidalen Substanzen zuzuzählen und deshalb besonders befähigt, der Wasserkapazität der Erdmasse Vorschub zu leisten. Der in den tiefsten Schichten der Torfmoore häufig vorkommende Raseneisenstein (Morasterz, Sumpferz), welcher zum größeren Theil aus Eisenoxydhydrat mit Beimengungen von Kieselsäure, Thon, Kalk, Magnesia, Humus, Eisenoxydul und phosphorsaurem Eisenoxydul[1]) besteht, stellt eine Masse dar, welche für Wasser eine sehr geringe Permeabilität besitzt und in Folge dessen zu einer Ansammlung von Wasser in den über derselben gelegenen Bodenschichten Veranlassung giebt.

Um zu prüfen, inwieweit das Eisenoxyd in bindigen Böden deren Feuchtigkeitsverhältnisse zu alteriren im Stande sei, wurde lufttrockenes Lehmpulver (15945 gr) mit 1000 gr Eisenoxyd (= 6,27 %) sorgfältigst gemischt und genau in derselben Weise wie das in den obigen Versuchen benutzte Lehmpulver in die Lysimeter gefüllt. Im Uebrigen wurde das gleiche Verfahren bei der Feststellung des Wassergehaltes, der Sickerwasser- und Verdunstungsmengen eingeschlagen. Die Ergebnisse der betreffenden Beobachtungen sind in folgenden Tabellen übersichtlich zusammengestellt:

	Gewicht des lufttrockenen Bodens	Mittleres Volumen des Bodens in Litern 1895	1896
Lehmpulver ohne Eisenoxyd	16950	11,272	11,092
» mit »	16945	11,172	10,860.

[1]) *F. Senft.* Die Torf-, Humus-, Marsch- und Limonitbildungen. Leipzig. 1862. S. 174.

1895.

Datum	Absoluter Wassergehalt des Bodens in gr		Datum	Sickerwassermengen pro 400 qcm Fläche in gr		Verdunstungsmengen pro 400 qcm Fläche in gr	
	Lehm ohne Eisenoxyd	Lehm mit Eisenoxyd		Lehm ohne Eisenoxyd	Lehm mit Eisenoxyd	Lehm ohne Eisenoxyd	Lehm mit Eisenoxyd
1. Mai	2460	2590	1.–10. Mai	—	—	990	890
10. »	2070	2300	10.–20. »	—	—	659	729
20. »	4590	4750	20.–31. »	60	—	2091	1961
1. Juni	3510	3800	1.–10. Juni	48	128	2398	2308
10. »	4350	4650	10.–20. »	158	185	1166	1169
20. »	3900	4170	20.–30. »	805	793	2127	2119
1. Juli	3300	3620	1.–10. Juli	—	—	1223	1403
10. »	2970	3180	10.–20. »	10	—	1082	1292
20. »	3640	3650	20.–31. »	22	—	1672	1708
1. Aug.	3340	3330	1.–10. Aug.	—	—	1394	1244
10. »	3390	3500	10.–20. »	345	300	1485	1560
20. »	4120	4200	20.–31. »	—	—	1385	1285
1. Sept.	3020	3200	1.–10. Sept.	—	—	630	650
10. »	2390	2550	10.–20. »	—	—	610	600
20. »	2440	2610	20.–30. »	—	—	330	360
30. »	2110	2250					
Mittel:	**3227**	**3397**	Summa:	**1448**	**1406**	**19242**	**19278**

1896.

Datum	Lehm ohne Eisenoxyd	Lehm mit Eisenoxyd	Datum	Lehm ohne Eisenoxyd	Lehm mit Eisenoxyd	Lehm ohne Eisenoxyd	Lehm mit Eisenoxyd
1. April	1560	1750	1.–10. April	—	—	169	229
10. »	3390	3520	10.–20. »	330	300	617	617
20. »	4410	4570	20.–30. »	—	—	540	540
1. Mai	4640	4800	1.–10. Mai	2760	2703	1125	1232
10. »	4340	4450	10.–20. »	—	—	1715	1725
20. »	3300	3400	20.–31. »	505	422	1600	1633
1. Juni	3190	3340	1.–10. Juni	—	—	1110	1090
10. »	3190	3360	10.–20. »	—	—	2060	2100
20. »	3540	3670	20.–30. »	—	—	872	972
1. Juli	4310	4200	1.–10. Juli	—	—	1240	1330
10. »	4290	4090	10.–20. »	—	—	2863	2763
20. »	4310	4210	20.–31. »	—	—	1770	1650
1. Aug.	3990	4010	1.–10. Aug.	1117	1020	1003	1100
10. »	4650	4670	10.–20. »	—	—	970	1000
20. »	4270	4260	20.–31. »	470	375	1293	1368
1. Sept.	4340	4350	1.–10. Sept.	65	—	948	1023
10. »	4480	4480	10.–20. »	2150	2211	1240	1169
20. »	4450	4460	20.–30. »	1205	1283	330	272
30. »	4810	4800					
Mittel:	**3972**	**4021**	Summa:	**8602**	**8314**	**21465**	**21813**

Volumprozentischer Wassergehalt des Bodens:

	1895	1896
Lehmpulver ohne Eisenoxyd . .	**28,63**	**35,81**
» mit » . .	**30,41**	**37,95.**

Vorstehende Zahlen vermitteln die Thatsache, daß der Wassergehalt des Lehmes durch die Beimengung mit Eisenoxyd eine Steigerung erfahren hatte, daß aber weder die unterirdische Absickerung noch die Verdunstung durch fragliche Prozedur eine Abänderung erfuhr.

Der geschilderte Einfluß des Eisenoxydes auf den Feuchtigkeitsgehalt des Lehmes ist zwar, ebenso wie derjenige des Aetzkalkes und des Kalkkarbonates, nicht beträchtlich, aber doch deutlich erkennbar und zweifellos dadurch zu erklären, daß die Menge feinster Theilchen durch die Zufuhr einer an solchen reichen Substanz eine entsprechende Vermehrung erlitt. Diese Wirkungen auf die Feuchtigkeitsverhältnisse des Erdreiches werden, wie mit Sicherheit angenommen werden darf, um so größer sein, je gröber die Bodenpartikel sind und daher bei den sandigen Böden in einem ungleich stärkeren Grade in die Erscheinung treten als bei dem in diesen Versuchen verwendeten Material. Dies gilt nicht nur von dem Eisenoxyd, sondern auch von dem Kalkhydrat und dem kohlensauren Kalk.

Neue Litteratur.

A. Mitscherlich. **Beurtheilung der physikalischen Eigenschaften des Ackerbodens mit Hilfe seiner Benetzungswärme.** Inaugural-Dissertation. Kiel. 1898.

M. Whitney. **Tobacco Soils of the United States.** A preliminary report upon the soils of the principal tobacco districts. U. S. Department of Agriculture. Division of soils. Bulletin. Nr. 11. Washington. 1898.

J. Dumont. **Ueber die Dialyse der alkalischen Humate.** Comptes rendus. T. CXXIV. 1897. p. 1051. — *Biedermann's* Centralblatt für Agrikulturchemie. 1898. Heft V. S. 290.

J. Laurent. **Sur l'absorption des matières organiques par les racines.** Comptes rendus. T. CXXV. p. 887.

A. Mayer. **Ueber den Einfluß kleinerer oder größerer Mengen von Wasser auf die Entwickelung einiger Kulturpflanzen.** Journal für Landwirthschaft. 1898. S. 167—184.

P. Ototzky. **Littérature de l'étude des sols de la Russie 1765—1896.** (Russisch.) St. Petersburg. 1898.

Th. Schloesing fils. **Beitrag zum Nitrifikationsvorgang im Erdboden.** Comptes rendus. T. CXXV. 1897. p. 824. — *Biedermann's* Centralblatt für Agrikulturchemie. 1898. Heft V. S. 293.

S. A. Sewerin. **Zur Frage über die Zersetzung von salpetersauren Salzen durch Bakterien.** Centralblatt für Bakteriologie. Bd. III. 1897. S. 504 und 554.

A. Gärtner. **Untersuchungen über den von Stutzer und Hartleb beschriebenen Salpeterpilz.** Ebenda. Bd. IV. 1898. S. 1, 52 und 109.

P. P. Dehérain. **Sur la reduction des nitrates dans les terres arables.** Deuxième mémoire. Annales agronomiques. T. XXIV. 1898. Nr. 3. p. 130.

C. Fraenkel. **Untersuchungen über den von Stutzer und Hartleb beschriebenen Salpeterpilz.** Ebenda. Bd. IV. 1898. S. 8 und 62.

O. Künnemann. **Ueber denitrifizirende Mikroorganismen.** Die landw. Versuchsstationen. Bd. L. 1898. S. 65.

Th. Pfeiffer und *O. Lemmermann.* **Ueber Denitrifikationsvorgänge.** Ebenda. S. 115—142.

Rezension.

Th. Homén. **Der tägliche Wärmeumsatz im Boden und die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde.** Leipzig. 1897. *Wilhelm Engelmann.* 4°. 147 S. 10 Tafeln und 5 Abbildungen im Text. Preis: 10 Mark.

Während durch eine Reihe von Messungen, welche besonders in den letzten Jahren über die Größe der Sonnenstrahlung angestellt worden sind, die diesbezüglichen Kenntnisse eine wesentliche Erweiterung erfahren haben, liegen über die totale Wärmestrahlung zwischen dem Himmelsgewölbe und der Erde noch so wenige Beobachtungen vor, daß der vom Verf. in vorliegendem Werke zum ersten Male unternommene Versuch, eine Messung der Größe der am Tage in den Erdboden eingedrungenen und in der Nacht von ihm abgegebenen Sonnenwärme vorzunehmen, nur freudigst begrüßt werden kann, zumal es demselben gelungen ist, in dieser Richtung höchst werthvolle Ergebnisse zu Tage zu fördern. Die Mittheilungen des Verf. bieten für den Agrikulturphysiker, Meteorologen und Geographen mancherlei neue und interessante Gesichtspunkte und werden daher in diesen Kreisen ohne Zweifel eine günstige Beurtheilung erfahren. Den Inhalt anlangend, ist hier in Kürze anzuführen, daß von dem Verf. an der Hand zahlreicher eigener in Finnland angestellter Beobachtungen im ersten Abschnitt die täglichen Temperaturschwankungen im Boden, im zweiten der tägliche Wärmeumsatz im Boden, im dritten Kapitel die Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde behandelt wird, während am Schluß die vergleichenden Messungen der Wärmestrahlung zwischen Himmel und Erde näher beleuchtet und die aus denselben sich ergebenden Folgerungen abgeleitet werden. *E. Wollny.*

II. Physik der Pflanze.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CX. Untersuchungen über den Einfluß der Behäufelungs- und der Kammkultur auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen.

Von Professor Dr. **E. Wollny** aus München.

I. Die Behäufelungskultur.

1. Die Wirkung der Behäufelung auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen.

Die Behäufelungskultur, welche im Wesentlichen in einem Anziehen von Erde an die unteren Stengeltheile der Pflanzen besteht, findet bei einer Reihe landwirthschaftlicher Gewächse die ausgedehnteste Anwendung, weil man dadurch das Wachsthum der Pflanzen fördern und deren Ertragsfähigkeit erhöhen zu können glaubt. Wenn in der That mannigfache praktische Beobachtungen diese Annahme als berechtigt erscheinen lassen, so kann gleichwohl mit voller Bestimmtheit behauptet werden, daß die unter bestimmten Verhältnissen erzielten Erfolge nicht für alle Lokalitäten Giltigkeit haben, daß vielmehr das in Rede stehende Verfahren unter Umständen sich von keiner oder von nachtheiliger Wirkung auf die Entwickelung und das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen erweisen kann. Um hierin sicher zu gehen, wird man sich vor Allem über die Veränderungen, welche der Boden durch das Behäufeln erfährt,

und über deren Einfluß auf die Entwickelung der Pflanzen unter Berücksichtigung der örtlichen Boden- und klimatischen Verhältnisse Klarheit verschaffen müssen. Nur in solcher Weise wird man sich auf die Vortheile des erwähnten Verfahrens Rechnung machen dürfen oder andererseits dessen Nachtheile zu vermeiden im Stande sein. In den nachfolgenden Zeilen soll versucht werden, an der Hand verschiedener Versuche, soweit dies nach dem gegenwärtigen Stand unseres Wissens möglich ist, die einschlägigen Verhältnisse zu charakterisiren.

Von den Ergebnissen der zahlreichen, vom Referenten angestellten Kulturversuche ausgehend, sei vorerst bemerkt, daß dieselben auf einem Boden angestellt wurden, welcher als ein humoser, kalkhaltiger Diluvialsandboden zu bezeichnen ist. Derselbe besaß in den bis zum Jahre 1884 ausgeführten Versuchen eine Mächtigkeit von ca. 15—20 cm, vom Jahre 1885 ab, in welchem das Versuchsfeld verlegt wurde, eine solche von ca. 35 cm Mächtigkeit, und ruhte auf einem vollständig durchlassenden Untergrunde (Glazialschotter) auf.

Das Auslegen des Saatmaterials, welches innerhalb jedes vergleichenden Versuches von gleicher Größe ausgesucht worden war, wurde mit besonderer Sorgfalt vorgenommen, nicht allein insofern, als dasselbe in gleicher Tiefe untergebracht wurde, sondern auch in der Hinsicht, daß jede Reihe mit der gleichen Zahl Körner (bei größeren Sämereien) oder dem gleichen Gewicht an Saatgut (bei mittelgroßen und kleinen Sämereien) belegt wurde. Bei dem Mais wurden an jede Pflanzstelle 5 bis 6 Körner gelegt und die aufgegangenen Pflanzen späterhin bis auf eine verzogen.

Das Unkraut wurde auf allen Parzellen durch Jäten mit der Hand entfernt. Im Laufe der Vegetation zeigte sich, daß dasselbe fast ausnahmslos bei den Kulturen in der Ebene viel üppiger wucherte als auf den Behäufelungshorsten.

Von den bei einer anderen Gelegenheit[1]) ausführlicher mitgeteilten Versuchen mögen die folgenden hier eine Stelle finden. Außerdem sind jene hinzugefügt, welche vom Jahre 1886 ab angestellt und bisher noch nicht publizirt worden sind.

---

[1]) *E. Wollny.* Saat und Pflege der landwirthschaftlichen Kulturpflanzen. Handbuch für die Praxis. Berlin. 1885. S. 743.

A. *Körnerfrüchte.*

Pflanze	Größe der Parzelle qm	Reihenentfernung cm	Kulturmethode	Ernte: Körner gr	Ernte: Stroh u. Spreu gr
Winterrogen 1878	10	20	behäufelt	**3502**	7200
	»	»	nicht behäufelt	**3302**	6750
Winterrogen 1883	6	20	behäufelt	**2190**	3280
	»	»	nicht behäufelt	**2300**	3340

Mais	Entfernung: der Reihen cm	Entfernung: in der Reihe cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Kolbenzahl	Ernte: Körner gr	Ernte: Stroh gr	Ernte: Kolbenstroh gr
Rother spitzkörniger 1879	40	30	26	behäufelt	—	**1106**	3890	—
	»	»	»	nicht behäufelt	—	**1299**	3772	—
Rother spitzkörniger 1880	40	30	36	behäufelt	43	**2150**	6206	634
	»	»	»	nicht behäufelt	55	**2033**	7237	667
Rother plattrunder 1881	45	35	26	behäufelt	38	**1710**	8700	670
	»	»	»	nicht behäufelt	39	**1800**	9060	660

Mais	Standraum d. Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte: Kolben reife	Ernte: Kolben unreife	Ernte: Kolben Summa	Ernte: Körner gr	Ernte: Stroh gr	Ernte: Kolbenstroh gr	Ernte: Gewicht d. unreif. Kolben gr
Szekler 1886	60:60	66	behäufelt	98	17	115	**3420**	6010	1710	2300
	»	»	nicht behäufelt	91	4	95	**3170**	6700	1790	90
September 1886	60:60	45	behäufelt	50	76	126	**930**	6010	1230	4910
	»	»	nicht behäufelt	54	14	68	**850**	3560 grün	1410	920
Szekler 1887	60:60	28	behäufelt	50	11	61	**3140**	9790	1090	860
	»	»	nicht behäufelt	65	13	78	**3980**	13370	2020	1080
September 1887	60:60	28	behäufelt	69	12	81	**4148**	8150	1900	260
	»	»	nicht behäufelt	56	19	75	**5580**	11000	2100	1290
Cinquantino 1887	60:60	28	behäufelt	37	26	63	**1835**	15900	2110	2470
	»	»	nicht behäufelt	46	2	48	**2020**	21560	1820	140
Kleiner gelber 1887	60:60	28	behäufelt	87	34	121	**2080**	11800	1355	1720
	»	»	nicht behäufelt	78	32	110	**2590**	13950	1620	1510

Pflanze	Größe der Parzelle qm	Reihen-entfernung cm	Kulturmethode	Ernte	
				Körner gr	Stroh u. Spreu gr
Ackerbohne 1880	4 »	25 »	behäufelt nicht behäufelt	900 780	2520 2370
Ackerbohne 1882	4 »	25 »	behäufelt nicht behäufelt	860 780	1660 1600
Ackerbohne 1887	13 »	30 »	behäufelt nicht behäufelt	913,6 942,5	2530 2010
Erbse 1881	4 »	25 »	behäufelt nicht behäufelt	520 500	1350 1230
Erbse 1882	4 »	20 »	behäufelt nicht behäufelt	536 871	1520 1860
Erbse 1887	13 »	30 »	behäufelt nicht behäufelt	1443 1403	2480 2510
Narbonner Wicke 1882	4 »	20 »	behäufelt nicht behäufelt	276 228	660 270
Sommerraps 1880	4 »	25 »	behäufelt nicht behäufelt	466 435	1280 1232
Sommerraps 1881	4 »	25 »	behäufelt nicht behäufelt	420 420	1960 2060
Sommerraps 1887	13 »	30 »	behäufelt nicht behäufelt	914,5 901,0	4390 3930
Sommerrübsen 1880	4 »	25 »	behäufelt nicht behäufelt	320 270	572 455
Sommerrübsen 1881	4 »	25 »	behäufelt nicht behäufelt	250 270	680 790

B. Wurzel- und Knollenfrüchte.

a. Rübengewächse.

Runkelrübe	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte	
				Rüben gr	Blätter gr
Oberndorfer 1880	40 : 30 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	13150 10000	3570 2870

Runkelrübe	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte	
				Rüben gr	Blätter gr
Oberndorfer 1881	40 : 30 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	13300 14020	3300 4200
Oberndorfer 1882	33,3 : 33,3 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	8600 8450	3600 3300
Oberndorfer 1886	60 : 60 »	30 »	behäufelt nicht behäufelt	40600 38550	19600 18800
Oberndorfer 1887	60 : 60 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	37800 46000	13100 17100
Leutewitzer 1880	40 : 30 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	14140 11520	6900 4170
Leutewitzer 1881	40 : 30 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	11160 12350	3550 3860
Leutewitzer 1882	33,3 : 33,3 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	8700 8690	5950 5020
Leutewitzer 1886	60 : 60 »	30 »	behäufelt nicht behäufelt	38700 36400	22400 22300
Leutewitzer 1887	60 : 60 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	38400 46300	16140 19100
Pohl's Riesen 1880	40 : 30 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	11340 10100	2850 2750
Pohl's Riesen 1881	40 : 30 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	11950 15350	4550 6300
Pohl's Riesen 1882	33,3 : 33,3 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	8600 7050	4960 3420
Kohlrübe.					
Pommersche Kannen 1880	33,3 : 33,3 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	12500 8750	7890 3300
Pommersche Kannen 1881	33,3 : 33,3 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	11770 10070	4820 3810
Pommersche Kannen 1882	50 : 40 »	36 »	behäufelt nicht behäufelt	35230 34270	15750 15030

Kohlrübe	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte Rüben gr	Ernte Blätter gr
Schwedische 1886	60 : 60	36	behäufelt	20200	8020
	»	»	nicht behäufelt	19200	7970
Schwedische 1887	60 : 60	36	behäufelt	24710	7960
	»	»	nicht behäufelt	20700	7050

b. Kartoffel.

Sorte	Reihenentfernung cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Saattiefe cm	Ernte nach Zahl					Ernte nach Gewicht (gr)			
					große	mittlere	kleine	Summa	kranke	große	mittlere	kleine	Summa
Early	50	48	behäufelt	15	24	135	524	683	43	2230	7490	9970	19690
Rose	»	»	nicht behäufelt	»	18	120	444	582	41	2630	8240	9890	20760
	»	»	behäufelt	0	18	169	449	636	41	1890	8560	8380	18830
1880	»	»	nicht behäufelt	»	14	113	509	636	77	1480	5860	9550	16890
Early	60	24	behäufelt	15	9	36	258	303	—	1260	2110	5760	9130
Rose	»	»	nicht behäufelt	»	7	53	249	309	—	1010	3010	4790	8810
	»	»	behäufelt	0	5	19	318	342	—	830	1500	7380	9710
1881	»	»	nicht behäufelt	»	8	50	269	327	—	990	3020	4890	8900
Early	50	24	behäufelt	15	25	97	140	262	5	2390	4790	2590	9770
Rose	»	»	nicht behäufelt	»	25	65	172	252	15	2530	3920	3730	10180
	»	»	behäufelt	0	22	87	241	350	10	1960	4880	4150	10990
1882	»	»	nicht behäufelt	»	11	65	249	325	41	1160	3830	4390	9380

Abgesehen von Details ergiebt sich aus diesen Zahlen, daß die Wirkung der Behäufelung auf das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen je nach der Spezies und dem Jahrgange eine sehr verschiedene ist: manche Pflanzen, wie die Ackerbohne und die Kohlrübe, erfuhren in fast allen Fällen durch die Behäufelung eine Ertragssteigerung; bei anderen Gewächsen, wie z. B. bei dem Raps, Rübsen und den Rüben, trat der günstige Einfluß des Behäufelns nur in gewissen Jahrgängen hervor, während derselbe in anderen sich als ein schädlicher zeigte. Bei dem Mais hatte das in Rede stehende Verfahren mehrentheils eine Verminde-

rung des Ertrages herbeigeführt[1]). Bei den Kartoffeln war die Wirkung je nach der Legtiefe der Knollen eine verschiedene. Die Behäufelung steigerte das Erträgniß um so mehr, je flacher die Saatkartoffeln untergebracht waren.

In dem Betracht, daß man gewöhnlich die Behäufelung bei den in vorstehenden Versuchen benutzten Pflanzen als eine für deren Produktionsvermögen vortheilhafte Operation betrachtet, müssen die Ergebnisse als zum Theil auffallende bezeichnet werden. Schon aus diesem Grunde dürfte eine nähere Darlegung der Ursachen der verschiedenen Wirkung fraglicher Maßnahme angezeigt sein, wobei allerdings nicht verschwiegen werden kann, daß es zur Zeit noch nicht möglich ist, für alle Fälle eine ausreichende Erklärung ausfindig zu machen.

Die Anhäufelung gelockerter krümeliger Ackererde an die unteren Stengeltheile der Pflanzen kann in mehrfacher Beziehung auf das Wachsthum der Wurzeln und die Nahrungsaufnahme derselben günstig einwirken. Viele Pflanzen haben das Vermögen, aus den Knoten des Stengels, welcher mit feuchter Erde bedeckt wird, Adventivwurzeln zu entwickeln. Die Ausbreitung letzterer wird besonders dadurch gefördert, daß die Widerstände, welche der Boden bietet, in Folge der lockeren Beschaffenheit desselben gering sind, und daß aus demselben Grunde gleichzeitig der Luftzutritt ein vollkommener ist, wodurch der Athmung der Wurzeln sowohl als auch der Zersetzung der organischen, wie der Verwitterung der mineralischen Bestandtheile des Erdreiches Vorschub geleistet wird.

In dem ebenen Lande sind die Bedingungen für die Wurzelbildung resp. für die Entwickelung von Seitensprossen in vorbezeichneter Richtung weniger vortheilhaft als in den Behäufelungshorsten. In ersterem Fall ist die Durchlüftung des Bodens beträchtlich geringer, weil die von der Luft bestrichene Oberfläche kleiner ist und das ebene Erdreich seine lockere Beschaffenheit viel leichter einbüßt als das in Kämme gebrachte. Auf ebenem Boden trägt jeder tiefer eindringende Regen zur Zerstörung der Krümelstruktur durch Zusammenschlämmen der Bodentheilchen bei, wodurch die Erde sich allmählich verdichten muß. Bei der Behäufelungskultur dringt der Regen schwieriger in den Boden ein, weil ein Theil des Niederschlagswassers von den Seiten der Dämme abläuft; in Folge

[1]) Dasselbe Resultat ergab sich auch in den älteren, in den Jahren 1879 bis 1881 angestellten Versuchen. Vergl. *E. Wollny.* a. a. O. S. 745.

dessen erhalten sich die Erdbröckchen in größerem Umfange und die lockere Beschaffenheit des Bodens wird durch das meteorische Wasser in minderem Grade beeinträchtigt.

Die Entwickelung von Adventivwurzeln resp. von Seitensprossen in den Behäufelungshorsten erfährt überdies noch dadurch eine wesentliche Unterstützung, daß sich der Boden in denselben ungleich stärker erwärmt als in dem flach kultivirten Lande[1]). Im Zusammenhalt mit der Thatsache, daß durch gesteigerte Bodenwärme das Wachsthum der Wurzeln und die Wasseraufnahme durch dieselben, sowie die Prozesse bei dem Zerfall der organischen Stoffe in der Ackererde gefördert werden, läßt sich weiters ermessen, weshalb die Behäufelung auf das Produktionsvermögen vieler Gewächse sich von günstigem Einfluß erweist.

Nach den bisherigen Darlegungen könnte es scheinen, als ob die Behäufelung der Pflanzen in allen Fällen mit einem günstigen Erfolg verknüpft sein müßte. Daß eine solche Schlußfolgerung mit den thatsächlichen Verhältnissen nicht in Uebereinstimmung zu bringen wäre, läßt sich bereits aus den Ergebnissen der oben angeführten Versuche ersehen. Um in der Beurtheilung der einschlägigen Verhältnisse sicher zu gehen, sind eben außer den bisher in Betracht gezogenen Momenten noch verschiedene andere zu berücksichtigen, welche sich aus der Beeinflussung der Bodenfeuchtigkeit durch die Behäufelung einerseits und aus Unterschieden in den durch dieses Verfahren abgeänderten Wachsthumszuständen bei den verschiedenen Pflanzenspezies herleiten lassen.

In Bezug auf ersteren Punkt hat die Thatsache[2]), daß die Erde in den Dämmen einen wesentlich geringeren Wassergehalt besitzt als bei ebener Oberfläche, ein besonderes Interesse in Anspruch zu nehmen, weil hieraus geschlossen werden muß, daß die Behäufelungskultur nur auf bindigen, humosen, das Wasser gut zurückhaltenden Böden und in einem feuchten Klima die oben geschilderten günstigen Wirkungen auf das Wachsthum der Pflanzen ausüben kann, daß dieselbe aber auf allen Bodenarten von geringer Wasserkapazität und in einem trockenen Klima die Erträge der Nutzgewächse herabdrückt, weil den letzteren die

---

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 118.
[2]) Diese Zeitschrift. Bd. III. 1880. S. 147.

zur normalen Entwickelung nothwendigen Wassermengen nicht zur Verfügung stehen. Aus diesem Grunde wird unter letzteren Umständen die Eben-(oder Flach-)Kultur zweckmäßig in Anwendung zu kommen haben.

Dafür, daß die mit der Behäufelung verknüpften Erfolge wesentlich von der Menge und Vertheilung der Niederschläge auf einem wegen großer Durchlässigkeit des Untergrundes mehr oder weniger leicht austrocknendem Boden, wie unter den vorliegenden Verhältnissen, beherrscht werden, sprechen verschiedene der oben angeführten Versuchsergebnisse. Mit wenigen Ausnahmen zeigen die Beobachtungen, daß bei der Mehrzahl der Gewächse durch das Anhäufeln von Erde an die Pflanzen in den feuchten oder nassen Jahren, nämlich 1878, 1880, 1882 und 1886 eine Ertragssteigerung herbeigeführt worden war, während in den Jahren mit geringen oder ungleichmäßig vertheilten Niederschlägen (1881, 1883 und 1887) mittelst jener Operation negative Resultate erzielt wurden. Diese Thatsachen sprechen zur Genüge dafür, daß die Bodenfeuchtigkeit für die mittelst der Behäufelung erzielbaren Erfolge von maßgebendem Einfluß sich erweist.

Wenn sonach der Nachweis der Zweckmäßigkeit der Kultur der Pflanzen in der Ebene auf allen leicht austrocknenden Böden und in einem niederschlagsarmen Klima geliefert worden ist, so fragt es sich weiter, ob nicht unter solchen Umständen die Förderung des Wurzelwachsthums und der Seitensprosse, wie solche unter geeigneten Verhältnissen durch die Behäufelung bewirkt wird, in anderer Weise erreicht werden könne. Bei Pflanzen, deren Reproduktionsorgane eine größere Tieflage vertragen, z. B. Ackerbohnen, Buschbohnen, Kartoffeln, ist dies in der That dadurch möglich, daß man das Saatgut mit einer entsprechend stärkeren Erdschicht bedeckt. An dem in der Erde befindlichen Theil des Stengels tritt in diesem Fall Bewurzelung resp. Stolonenbildung in analoger Weise ein, wie an den durch Behäufelung bedeckten Stengeltheilen von Pflanzen, welche aus flach untergebrachten Samen oder Knollen sich entwickelt haben. Beispiele hierfür liefern die oben mitgetheilten Kartoffelkulturversuche, in welchen die nicht behäufelten, aus größeren Tieflagen der Saatknollen entstammenden Pflanzen entweder das höchste Produktionsvermögen gezeigt oder doch einen Ertrag ergeben hatten, welcher demjenigen aus den behäufelten Pflanzen aus flach gelegtem Saatgut ziemlich nahe kam.

Außer den Abänderungen, welche die physikalische Beschaffenheit des Erdreiches durch die Herstellung von Behäufelungshorsten erfährt, kommen bei der Beurtheilung der Anwendbarkeit dieser Prozedur die besonderen Eigenthümlichkeiten in den Wachsthumsverhältnissen der verschiedenen Spezies, wie solche durch Anziehen von Erde an deren Basis hervorgerufen werden, mit in Betracht. Wie bereits angeführt wurde, beruht die günstige Wirkung der Behäufelung dort, wo dieselbe in die Erscheinung tritt, auf einer durch Adventivwurzelbildung bedingten kräftigeren Entwickelung des Wurzelgeflechtes. In dieser Beziehung treten bei den verschiedenen Pflanzen schon insofern nicht unwesentliche Unterschiede hervor, als die Fähigkeit zu derartigen Wurzelneubildungen keineswegs in gleichem Grade entwickelt ist. Nach den vorliegenden Versuchen und Erfahrungen wird angenommen werden können, daß bei den meisten Getreidearten (Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Hirse), dem Buchweizen, der Erbse, Wicke u. s. w. das Vermögen der Entwickelung von Adventivwurzeln in so geringem Grade vorhanden ist, daß sich die Behäufelung selbst unter günstigen Boden- und Witterungsverhältnissen nicht lohnen würde. Andere Gewächse, wie der Mais, die Ackerbohne, der Raps, die Runkel-, Mohr- und Kohlrübe, scheinen dagegen befähigt zu sein, in der angehäufelten Erde ein kräftiges Wurzelsystem hervorzubringen, doch machen sich auch bei diesen Pflanzen die aufgewendeten Kosten durch entsprechende Erträge nur in dem Falle bezahlt, wo der Boden in Folge seiner physikalischen Beschaffenheit, größerer Mächtigkeit und günstiger Witterungsverhältnisse mit ausreichenden Wassermengen versehen ist. Dasselbe gilt auch von den Kartoffeln, welche bei nicht zu trockener Beschaffenheit der Ackererde besonders bei flacher Lage der Saatknollen in ihrem Wachsthum durch die Anhäufelung wesentlich gefördert werden.

Welchen Einfluß die durch die Behäufelung bewirkte Streckung der Stengeltheile resp. des hypokotylen Gliedes auf das Wachsthum der Pflanzen unter verschiedenen äußeren Verhältnissen auszuüben vermag, kann hier füglich übergangen werden, nachdem dieser Gegenstand von *C. Kraus*[1]) eine eingehende Behandlung erfahren hat.

Der Vollständigkeit wegen darf schließlich nicht unerwähnt bleiben, daß die in Rede stehende Kulturmaßregel, ganz abgesehen von der Be-

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. IV. 1881. S. 34. — Bd. XI. 1888. S. 361.

einflussung der Erträge der Pflanzen, unter Umständen lediglich in Rücksicht auf die damit verknüpfte Unkrautvertilgung resp. Lockerung der Ackererde in ihrem Werthe zu bemessen ist. Die Reinigung des Ackerlandes läßt sich durch kein anderes Verfahren in gleich vollkommener Weise bewerkstelligen wie bei der Kultur derjenigen Pflanzen, welche, wie vor Allem die Hackfrüchte (Rüben und Kartoffeln), während ihrer Vegetation öfter behäufelt werden, nicht allein weil dadurch die wildwachsenden Pflanzen größtentheils auf mechanischem Wege beseitigt werden, sondern auch insofern, als dieselben wegen der mehr trockenen Beschaffenheit des Bodens in den Dämmen in ihrer Entwickelung eine Einbuße erleiden. Rechnet man hinzu die gleichzeitig herbeigeführte gründliche Lockerung und Mischung des Bodens, so erscheint nach alledem die Behäufelungskultur als ein Verfahren, welches sich, abgesehen von den Vortheilen, welche es unter bestimmten Verhältnissen für die Erntehöhe bietet, vorzüglich zur Vorbereitung des Bodens für den Anbau anderer Gewächse, besonders der Getreidearten, eignet. Die Kultur der Pflanzen in der Ebene ohne Behäufelung erfordert vergleichsweise eine ungleich größere Sorgfalt, weil wegen der feuchteren Beschaffenheit des Erdreiches die Unkräuter sich üppiger entwickeln. Zur Vertilgung letzterer bedient man sich zweckmäßig der Hackmaschinen unter Mithilfe der Handhacke. Da aber diese Instrumente nur eine oberflächliche Lockerung bewirken, so steht die Flach- der Behäufelungskultur hinsichtlich der Zerkleinerung und Mischung der Ackererde wesentlich nach.

Welcher der hier angeführten Gesichtspunkte bei der Beurtheilung der Zweckmäßigkeit des Behäufelungsverfahrens vornehmlich zu berücksichtigen sei, wird nach den lokalen Boden- und klimatischen Verhältnissen zu entscheiden sein.

2. Die Richtung der Behäufelungshorste.

Nachdem durch verschiedene, vom Referenten ausgeführte Versuche nachgewiesen worden war[1]), daß bei den in der Ebene kultivirten Drillsaaten und bei der Beetkultur die Richtung der Pflanzenreihen resp. der Beete von Nord nach Süd für die Erträge am vortheilhaftesten ist, schien es wünschenswerth, der Frage näher zu treten, ob in gleicher

[1]) *E. Wollny.* a. a. O. S. 476. — Deutsche landw. Presse. 1898. Nr. 27. S. 295. — Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1898. S. 279.

Weise auch die Lage der Behäufelungshorste für das Produktionsvermögen der in denselben wurzelnden Pflanzen von Belang sein werde. Die diesbezüglichen Versuche, welche im Uebrigen unter sonst ganz gleichen Verhältnissen angestellt wurden, lieferten die aus nachstehenden Tabellen ersichtlichen Resultate:

Versuch I (1886).

Bodenraum: 75:75 cm. Kartoffeln. **Je 36 Pflanzen.**

Kartoffelsorte	Richtung der Behäufelungshorste	Ernte nach Zahl					Ernte nach Gewicht (kg)				
		große	mittlere	kleine	kranke	Summa	große	mittlere	kleine	kranke	Summa
Sovereign	N-S	21	122	396	45	**584**	2,17	7,28	9,62	1,05	**20,12**
	O-W	19	101	387	60	**567**	2,16	5,98	8,30	2,60	**19,04**
Gelbe Hörndl	N-S	36	114	229	2	**381**	2,21	4,55	3,85	0,04	**10,65**
	O-W	43	116	154	12	**325**	2,49	3,97	2,46	0,31	**9,23**
Sechswochen	N-S	39	182	169	15	**405**	2,46	5,90	2,47	0,39	**11,22**
	O-W	45	126	147	14	**332**	2,65	4,25	2,37	0,15	**9,42**
Frühe Rosen	N-S	38	133	391	2	**564**	2,60	5,26	5,36	0,08	**13,30**
	O-W	37	122	342	5	**506**	2,82	5,21	4,82	0,10	**12,95**
Blaue Prinzessin	N-S	23	119	360	1	**503**	1,30	4,53	5,82	0,04	**11,69**
	O-W	24	106	350	13	**493**	1,46	3,95	5,25	0,52	**11,18**
Achilles	N-S	83	173	195	0	**451**	12,62	14,45	6,85	0	**33,92**
	O-W	97	133	176	2	**408**	15,35	13,29	5,14	0,25	**34,03**

Versuch II (1895).

Bodenraum: 60:60 cm. Zahl der Pflanzen: Bei Kartoffeln je 60, bei Rüben und Mais je 80.

Kartoffeln.

Kartoffelsorte	Richtung der Behäufelungshorste	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (kg)			
		große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Rothe Zwiebel	N-S	153	429	548	**1130**	17,74	25,36	14,22	**57,32**
	O-W	132	328	645	**1105**	15,75	20,92	14,98	**51,65**
Frühe Rosen	N-S	196	316	560	**1072**	18,92	16,63	10,90	**46,45**
	O-W	151	292	761	**1204**	14,68	15,91	14,87	**45,46**

Kartoffelsorte	Richtung der Behäufelungshorste	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (kg)			
		große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Fürst Lippe	N-S O-W	223 135	355 323	410 436	**988** **894**	23,47 16,28	21,70 20,32	9,97 10,14	**55,14** **46,74**
Clark's Main Crop	N-S O-W	160 146	392 346	412 469	**964** **961**	16,75 14,74	22,73 20,42	9,81 12,72	**49,29** **47,88**
Thüringer	N-S O-W	247 213	461 457	546 536	**1254** **1206**	25,03 21,58	25,79 24,31	11,44 11,43	**62,26** **57,32**
Reichskanzler	N-S O-W	133 123	269 292	690 698	**1092** **1113**	11,19 11,18	14,31 15,35	17,56 16,71	**43,06** **43,24**
Schneeflocke	N-S O-W	216 145	460 447	456 458	**1132** **1050**	25,19 19,07	26,53 28,18	11,27 10,87	**62,99** **58,12**
Magnum bonum	N-S O-W	186 186	423 499	664 420	**1273** **1105**	22,20 21,93	25,69 29,89	17,03 10,08	**64,92** **61,90**
Blaue Prinzessin	N-S O-W	110 85	312 305	878 791	**1300** **1181**	11,49 10,29	19,14 18,38	21,42 20,16	**52,05** **48,83**

Rüben.

Pflanze	Richtung der Behäufelungshorste	Ernte (kg)		Pflanze	Richtung der Behäufelungshorste	Ernte (kg)	
		Wurzeln	Blätter			Wurzeln	Blätter
Zuckerrübe, Vilmorin's	N-S O-W	**60,41** **59,42**	24,62 22,99	Runkelrübe Mammoth	N-S O-W	**86,61** **77,38**	25,96 24,99
Runkelrübe, Eckendorfer	N-S O-W	**87,19** **77,65**	24,00 23,17	Mohrrübe grünköpfige	N-S O-W	**22,88** **22,24**	11,81 9,95
Runkelrübe, Oberndorfer	N-S O-W	**74,94** **69,73**	28,82 28,09	Kohlrübe schwedische	N-S O-W	**62,31** **61,40**	17,10 15,67

Mais.

Varietät	Richtung der Behäufelungshorste	Zahl der Kolben			Gewicht der Ernte (kg)			
		reife	unreife	Summa	Körner	Stroh	Kolbenstroh	Unreife Kolben
September	N-S O-W	129 119	15 5	144 124	**8,80** **7,72**	16,23 15,63	4,54 4,11	0,62 0,24

Versuch III (1896).

Bodenraum: 60:45 cm (bei der Ackerbohne: 60:15 cm). — Zahl der Pflanzen: 70 (bei Wasserrübe 56). Größe der Parzelle bei der Ackerbohne: 18,9 qm.

Rüben.

Pflanze	Richtung der Behäufelungshorste	Ernte (kg) Wurzeln	Ernte (kg) Blätter	Pflanze	Richtung der Behäufelungshorste	Ernte (kg) Wurzeln	Ernte (kg) Blätter
Zuckerrübe, Vilmorin's	N-S O-W	61,17 52,30	43,18 33,00	Wasserrübe, englische	N-S O-W	13,27 12,22	20,80 17,83
Runkelrübe, Leutewitzer	N-S O-W	107,18 102,95	24,40 22,25	Kohlrübe, schwedische	N-S O-W	43,50 27,90	13,37 9,95
Runkelrübe, Oberndorfer	N-S O-W	94,04 74,67	35,86 29,35	Mohrrübe, weiße Riesen	N-S O-W	37,72 32,79	14,90 14,05

Ackerbohne.
(Nicht reif geworden.)

Richtung der Behäufelungshorste: N-S; Ernte, grüne Masse: 82,47 kg
» » » O-W; » » » 78,15 ».

Mais.

Varietät	Richtung der Behäufelungshorste	Zahl der Kolben: reife	unreife	Summa	Gewicht der Ernte (kg): Körner	Stroh	Kolbenstroh	Unreife Kolben
September	N-S O-W	58 55	43 34	101 89	3,88 2,55	34,46 32,90	3,51 2,51	4,80 4,51

Diese Zahlen vermitteln die Thatsache, daß die behäufelten Pflanzen bei einer Richtung der Dämme von Nord nach Süd höhere Erträge liefern als bei einer solchen von Ost nach West. Daß auch die Qualität der Pflanzenprodukte im ersteren Fall eine bessere ist als in letzterem, hat *G. Marek*[1]) bei Zuckerrüben nachgewiesen, von welchen die in der Richtung von Nord nach Süd kultivirten schon im September geerntet werden konnten, während bei den von Ost nach West angebauten die höheren Polarisationen erst im Ok-

[1]) *G. Marek.* Mittheilungen aus dem landw.-physiolog. Laboratorium des landw. Instituts der Universität Königsberg. Königsberg. 1882. S. 192.

tober hervortraten. Im Uebrigen ergaben sich bei der Ernte folgende Differenzen:

	1880		1881	
Richtung der Dämme:	N—S	O—W	N—S	O—W
Polarisation:	12,25	10,62	12,68	11,28.

In den Dämmen von Nord nach Süd waren demnach die Rüben zuckerreicher als in denen von Ost nach West.

Die in den vorliegenden Versuchen hervorgetretenen Unterschiede in der Quantität und Qualität des Ertrages beruhen auf solchen, welche durch die Lage der Behäufelungshorste nach verschiedenen Himmelsrichtungen in den Wärme- und Feuchtigkeitsverhältnissen des Ackerlandes hervorgerufen werden. Ersteren Punkt anlangend, wurde von dem Referenten bei einer anderen Gelegenheit[1]) festgestellt, daß die Dämme von Nord nach Süd höher temperirt sind als die von Ost nach West. Außerdem zeigten die an den Seiten der Dämme gemachten Beobachtungen, daß im ersteren Fall die Temperatur des Bodens eine gleichmäßigere war als im letzteren. In den von Ost nach West verlaufenden Dämmen treten namentlich sehr erhebliche Unterschiede in der Bodenerwärmung zwischen der Nord- und Südseite hervor. Jene ist bedeutend kälter als diese. Bei der Ost- und Westseite der in der Richtung von Nord nach Süd gelegenen Dämme sind die Temperaturen in viel höherem Grade ausgeglichen. In Rücksicht auf das Pflanzenwachsthum würden sonach die Behäufelungshorste von Nord nach Süd sich vortheilhafter erweisen als jene von Ost nach West: erstere besitzen eine höhere und gleichmäßigere Temperatur und keine so kalte Seite wie letztere.

Bezüglich der Feuchtigkeitsverhältnisse des Bodens treten bei den nach verschiedenen Himmelsrichtungen verlaufenden Dämmen ebenfalls erhebliche Unterschiede hervor. Am trockensten ist die Südseite, am feuchtesten die Nordseite, während Ost- und Westseite in dieser Beziehung in der Mitte stehen. Von letzteren ist zwar unter unseren klimatischen Verhältnissen die Ostseite trockener als die Westseite, aber die betreffenden Unterschiede sind ungleich geringer als diejenigen der beiden anderen entgegengesetzt exponirten Flächen. Soweit die Bodenfeuchtigkeit hierbei eine Rolle spielt, sind die Pflanzen hinsichtlich ihrer Entwickelung bei einer Lage der Dämme von Nord nach Süd günstiger

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 19.

situirt als bei einer solchen von Ost nach West, und zwar, weil die starke Austrocknung der Südseite, trotz ihrer höheren Temperatur, das Wachsthum der Pflanzen beeinträchtigt und die größeren Feuchtigkeitsmengen der Nordseite, wegen der verhältnißmäßig schwachen Erwärmung derselben, den Gewächsen nicht in ausreichendem Grade zu Gute kommen[1]). Letzteres ist nur bei extrem trockener Witterung der Fall, bei welcher das Wachsthum der Pflanzen durch den höheren Wasservorrath der Nordseite unterstützt wird, derart, daß die Ernteergebnisse auf den von Ost nach West gelegenen Dämmen denen gleich kommen, welche auf jenen von Nord nach Süd erzielt werden.

3. Die Form der Behäufelungshorste.

Eine besondere Form erhalten die Dämme bei der *Gülich*'schen und *Jensen*'schen Kulturmethode[2]), welche beide von den Erfindern hauptsächlich zum Schutz gegen die Kartoffelkrankheit in Vorschlag gebracht wurden.

Abgesehen von Details besteht ersteres Verfahren im Wesentlichen darin, daß bei der Behäufelung der Kartoffeln in der Mitte jedes Kartoffelstockes ein konischer Erdhügel gebildet wird, der oben kahl ist und an dessen Seiten die Kartoffeltriebe in kranzförmiger Anordnung hervortreten. Durch das Niederbiegen der Stengel und durch Herbeiführung eines trockenen Zustandes des Erdreiches soll ein wirksamer Schutz gegen die Kartoffelkrankheit erzielt werden.

Jensen schlägt zu dem gleichen Zweck ein eigenthümliches Verfahren vor, welches er mit Schutzhäufelung bezeichnet. Letztere kommt zur Anwendung, sobald die Krankheit sich zu zeigen beginnt, und zwar nur von einer Seite der Dämme, «indem man einen hohen Kamm mit einer bedeutenden Abschrägung nach derjenigen Seite, von welcher die Häufelung ausgeführt wird, anhäufelt. Die hierdurch erzeugte Erddecke oberhalb der obersten Fläche der zu oberst liegenden Knollen muß anfänglich ca. 5 Zoll dick sein, da dieselbe durch späteres Zusammen-

---

1) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1897. S. 95.

2) *C. L. Gülich.* Der Kartoffelbau. Altona. 1868. — *J. L. Jensen.* Die Kartoffelkrankheit kann besiegt werden durch eine einfach und leicht auszuführende Kulturmethode. Leipzig. 1882.

sinken und Heruntergleiten in der Regel bis auf 4 Zoll reduzirt wird. Zugleich mit dieser Häufelung wird dem Kartoffelkraut eine mäßige Neigung nach der entgegengesetzten Seite gegeben und zwar derart, daß das Kraut eine wenigstens halbaufrechte Stellung erhält.»

Von der Erwägung ausgehend, daß die Methode von *Gülich* vornehmlich durch die Art der Anhäufung der Erde an den Kartoffelpflanzen, und nicht durch die im Uebrigen getroffenen Anordnungen charakterisirt ist, wurde in den Versuchen des Referenten die Einrichtung getroffen, daß der Dünger nicht, wie vorgeschrieben, kranzweise um die Saatknolle herumgelegt, sondern wie auf den übrigen Parzellen vor dem Anbau gleichmäßig dem Boden einverleibt wurde, und daß den Stöcken nicht ein Bodenraum von 12 Quadratfuß (0,985 qm), sondern ein kleinerer und ein solcher, wie auf den Vergleichsparzellen, angewiesen wurde. Unter diesen Verhältnissen war es allein möglich, mit Sicherheit den Einfluß festzustellen, welchen die eigenthümliche, von *Gülich* und *Jensen* vorgeschlagene Form der Behäufelungshorste gegenüber der bei den gewöhnlichen Verfahren gewählten für die Erträge und die Ausbreitung der Kartoffelkrankheit auszuüben vermag, weil alle übrigen Verhältnisse in diesen Versuchen vollständig gleich waren. Bei der Ebenkultur (ohne Behäufelung) wurden die Saatknollen 15 cm tief, bei den übrigen Verfahren flach (3 cm hoch bedeckt) ausgelegt. In 4 Reihen, von denen die erste nach *Gülich*, die zweite nach *Jensen*, die dritte nach dem gewöhnlichen Behäufelungsverfahren, die vierte nach der Methode der Ebenkultur angeordnet war, bildeten einen Versuch. Der Bodenraum pro Pflanze betrug 75 : 75 cm. Ueber die Resultate geben folgende Tabellen Auskunft.

Versuch I (1886).

Kartoffel-sorte	Anbau-methode	Ernte nach Zahl					Ernte nach Gewicht (kg)				
		große	mittlere	kleine	kranke	Summa	große	mittlere	kleine	kranke	Summa
Gelbe Hörndl 34 Pflanzen	*Gülich*	84	166	274	11	**535**	10,56	11,54	7,90	0,76	**30,76**
	Jensen	30	120	419	7	**676**	3,31	7,79	9,67	0,19	**20,96**
	Behäufelt	68	148	243	50	**509**	9,40	11,56	6,73	3,72	**31,41**
	Ebenkultur	32	129	359	38	**558**	4,12	8,44	9,02	2,43	**24,01**

Kartoffel-sorte	Anbau-methode	Ernte nach Zahl					Ernte nach Gewicht (kg)				
		große	mittlere	kleine	kranke	Summa	große	mittlere	kleine	kranke	Summa
Sechs	*Gülich*	80	260	431	2	**773**	10,20	18,51	11,65	0,19	**40,55**
wochen	*Jensen*	49	275	653	4	**981**	5,84	16,42	14,58	0,25	**37,09**
51 Pflanzen	Behäufelt	65	272	468	143	**948**	8,75	20,24	11,83	7,83	**48,65**
	Ebenkultur	49	218	529	48	**844**	6,31	14,11	13,63	2,56	**36,61**
Späte	*Gülich*	74	219	338	3	**634**	11,97	20,58	13,08	0,42	**46,05**
Rosen	*Jensen*	46	244	316	0	**606**	6,93	21,26	10,74	0	**38,93**
34 Pflanzen	Behäufelt	62	200	285	70	**617**	10,42	19,47	9,08	6,93	**45,90**
	Ebenkultur	53	193	384	12	**642**	6,52	17,42	12,88	1,23	**38,05**
Weiße	*Gülich*	102	229	209	2	**542**	12,82	15,47	6,04	0,05	**34,38**
Rosen	*Jensen*	70	205	258	1	**534**	7,82	13,02	6,24	0,07	**27,15**
34 Pflanzen	Behäufelt	82	201	182	110	**575**	10,47	14,12	4,81	8,74	**38,14**
	Ebenkultur	66	164	248	58	**536**	8,34	12,05	6,04	5,31	**31,74**
King of	*Gülich*	31	87	89	1	**208**	4,81	7,97	3,11	0,13	**16,02**
the Earlys	*Jensen*	11	90	129	1	**231**	1,80	8,30	4,93	0,17	**15,20**
17 Pflanzen	Behäufelt	21	95	96	5	**217**	3,36	8,87	3,71	0,60	**16,54**
	Ebenkultur	14	84	118	12	**228**	2,45	7,46	4,10	0,97	**14,98**
Kopsel's	*Gülich*	25	79	132	0	**236**	5,24	7,91	5,07	0	**18,22**
frühe weiße	*Jensen*	15	55	162	3	**235**	2,55	5,56	5,78	0,40	**14,29**
17 Pflanzen	Behäufelt	32	103	104	26	**265**	5,97	7,04	3,37	1,72	**18,10**
	Ebenkultur	20	63	117	18	**218**	3,14	4,47	2,97	1,13	**11,71**
Sovereign	*Gülich*	94	159	454	12	**719**	10,58	12,76	10,92	0,96	**35,22**
34 Pflanzen	*Jensen*	53	164	501	15	**733**	5,59	10,72	12,54	0,79	**29,64**
	Behäufelt	55	135	289	336	**815**	7,28	9,20	7,25	12,51	**36,24**
	Ebenkultur	47	92	380	189	**708**	5,95	6,17	8,41	12,60	**33,13**
Frühe	*Gülich*	123	187	289	1	**600**	14,77	12,25	7,61	0,10	**34.13**
Rosen	*Jensen*	86	175	348	5	**614**	9,99	10,82	6,94	0,10	**27,85**
34 Pflanzen	Behäufelt	66	183	345	62	**656**	11,05	13,44	8,40	4.96	**37,85**
	Ebenkultur	52	124	431	42	**649**	6,92	9,17	9,50	3,16	**28,75**
Lübben-	*Gülich*	24	72	302	0	**398**	2,78	4,75	4,81	0	**12,34**
auer	*Jensen*	17	68	216	1	**302**	2,07	4,35	3,92	0,07	**10,41**
17 Pflanzen	Behäufelt	20	72	352	35	**479**	2,24	4,49	4,74	1,50	**12,97**
	Ebenkultur	14	36	175	70	**295**	1,65	2,07	2,99	3,18	**9,89**
Schnee-	*Gülich*	55	111	88	2	**256**	6,85	7,62	2,14	0,08	**16,69**
flocke	*Jensen*	52	88	93	2	**235**	7,46	5,52	2,03	0,14	**15,15**
17 Pflanzen	Behäufelt	54	94	84	40	**272**	7,30	6,25	1,61	3,17	**18,33**
	Ebenkultur	53	74	66	40	**233**	7,23	5,02	1,59	2,96	**16,80**
Goldelse	*Gülich*	20	96	302	1	**419**	1,95	4,59	4,72	0,02	**11,28**
17 Pflanzen	*Jensen*	10	81	311	0	**402**	1,06	4,03	4,63	0	**9,72**
	Behäufelt	16	94	225	45	**380**	1,19	4,80	3,37	5,06	**14,42**
	Ebenkultur	9	53	260	70	**392**	0,86	2,46	3,97	2,29	**9,58**

Versuch II (1887).

Kartoffel-sorte	Anbau-methode	Ernte nach Zahl				Ernte nach Gewicht (kg)			
		große	mittlere	kleine	Summa	große	mittlere	kleine	Summa
Sechswochen 17 Pflanzen	*Gülich*	73	115	136	**324**	5,95	4,74	1,98	**12,67**
	Jensen	40	115	178	**333**	3,28	4,90	2,56	**10,74**
	Behäufelt	96	100	129	**325**	9,15	5,06	1,87	**16,08**
	Ebenkultur	73	97	95	**265**	8,24	5,58	1,79	**15,61**
Weiße Rosen 34 Pflanzen	*Gülich*	125	181	127	**433**	16,58	11,18	2,30	**30,06**
	Jensen	118	170	134	**422**	14,23	10,08	2,30	**26,61**
	Behäufelt	126	157	94	**377**	19,16	15,42	2,53	**37,11**
	Ebenkultur	121	173	154	**448**	18,92	16,16	3,47	**38,55**
Goldelse 17 Pflanzen	*Gülich*	28	80	225	**333**	2,54	4,29	3,22	**10,05**
	Jensen	22	76	209	**307**	2,23	4,04	3,22	**9,49**
	Behäufelt	53	85	152	**290**	5,84	3,97	1,98	**11,79**
	Ebenkultur	40	90	191	**321**	5,14	4,23	2,24	**11,61**
Schneeflocke 17 Pflanzen	*Gülich*	87	103	80	**270**	11,50	6,05	1,70	**19,25**
	Jensen	62	96	101	**259**	8,04	5,44	1,27	**14,75**
	Behäufelt	98	88	71	**257**	14,24	5,37	1,66	**21,27**
	Ebenkultur	90	87	109	**286**	13,08	5,32	1,93	**20,33**
Frühe Rosen 17 Pflanzen	*Gülich*	34	94	157	**285**	4,55	5,53	1,53	**11,61**
	Jensen	45	75	115	**235**	5,42	3,98	2,02	**11,42**
	Behäufelt	66	69	98	**233**	8,40	4,05	1,53	**13,98**
	Ebenkultur	56	80	134	**270**	8,04	4,65	1,48	**14,17**
Lübbenauer 17 Pflanzen	*Gülich*	37	120	210	**367**	4,20	6,05	3,46	**13,71**
	Jensen	16	116	256	**388**	2,05	6,74	3,99	**12,78**
	Behäufelt	42	145	150	**337**	6,34	8,80	2,46	**17,60**
	Ebenkultur	34	161	156	**351**	5,47	9,13	3,02	**17,62**
Achilles 34 Pflanzen	*Gülich*	127	169	366	**662**	20,67	13,72	9,04	**43,43**
	Jensen	129	177	256	**562**	19,97	12,47	4,70	**37,14**
	Behäufelt	181	198	185	**564**	27,88	13,99	3,95	**45,82**
	Ebenkultur	169	217	224	**610**	26,12	15,34	4,36	**45,82**
Gelbe Hörndl 17 Pflanzen	*Gülich*	53	109	129	**291**	5,05	5,57	2,25	**12,87**
	Jensen	44	88	181	**313**	4,30	3,97	2,78	**11,05**
	Behäufelt	79	103	106	**288**	8,72	5,25	1,90	**15,87**
	Ebenkultur	65	104	130	**299**	7,34	6,17	2,05	**15,56**
Kopsel's frühe weiße 17 Pflanzen	*Gülich*	83	108	132	**323**	11,65	6,82	2,40	**20,87**
	Jensen	58	115	114	**287**	8,31	7,27	1,87	**17,45**
	Behäufelt	85	120	166	**371**	12,72	7,43	2,38	**22,53**
	Ebenkultur	67	112	143	**322**	10,78	7,61	2,57	**20,96**
Späte Rosen 34 Pflanzen	*Gülich*	170	217	226	**613**	24,67	15,66	3,69	**44,02**
	Jensen	124	215	239	**578**	16,30	12,60	3,70	**32,60**
	Behäufelt	199	211	189	**599**	27,50	13,46	3,10	**44,06**
	Ebenkultur	172	201	246	**619**	25,24	13,25	4,65	**43,14**

Kartoffelsorte	Anbaumethode	Ernte nach der Zahl: große	mittlere	kleine	Summa	Ernte nach Gewicht (kg): große	mittlere	kleine	Summa
Spitzweckerle 17 Pflanzen	*Gülich*	89	209	340	**638**	5,97	8,03	4,18	**18,18**
	Jensen	89	135	315	**539**	5,39	4,17	3,71	**13,27**
	Behäufelt	155	99	200	**454**	12,65	3,69	1,99	**18,33**
	Ebenkultur	122	115	215	**452**	11,71	4,60	2,26	**18,57**
Blaue Prinzessin 17 Pflanzen	*Gülich*	54	197	180	**431**	6,58	9,63	3,31	**19.52**
	Jensen	50	125	196	**371**	6,01	7,06	3,75	**16,82**
	Behäufelt	71	145	125	**341**	8,99	8,29	2,67	**19,95**
	Ebenkultur	60	128	133	**321**	7,27	7,22	2,27	**16,76**
Sovereign 17 Pflanzen	*Gülich*	37	143	280	**460**	4,96	9,28	6,47	**20,71**
	Jensen	39	102	244	**385**	5,25	5,72	4,05	**15,02**
	Behäufelt	53	150	256	**459**	6,02	9,57	5,75	**21,34**
	Ebenkultur	42	135	301	**478**	6,35	8,91	5,79	**21,05**
Marmont 17 Pflanzen	*Gülich*	66	34	33	**133**	13,90	2,84	0,59	**17,33**
	Jensen	52	54	47	**153**	11,24	4,27	0,95	**16,46**
	Behäufelt	77	36	22	**135**	15,97	2,90	0,44	**19,31**
	Ebenkultur	62	50	43	**155**	13,92	3,80	0,91	**18,63**
King of the Earlys 17 Pflanzen	*Gülich*	74	102	86	**262**	7,77	7,31	2,02	**17,10**
	Jensen	63	111	87	**261**	8,17	6,68	1,42	**16,27**
	Behäufelt	70	130	68	**268**	9,18	8,82	1,57	**19,57**
	Ebenkultur	69	117	92	**278**	9,38	7,76	2,25	**19,39**

Versuch III (1888).

Kartoffelsorte	Anbaumethode	Ernte nach Zahl: große	mittlere	kleine	kranke	Summa	Ernte nach Gewicht (kg): große	mittlere	kleine	kranke	Summa
Blaue Prinzessin 36 Pflanzen	*Gülich*	90	330	320	9	**749**	10,47	18,54	8,72	0,22	**37,95**
	Jensen	110	171	295	3	**579**	13,88	10,22	6,27	0,14	**30,51**
	Behäufelt	110	269	324	35	**738**	13,51	15,45	6,84	1,53	**37,33**
	Ebenkultur	89	237	389	52	**767**	11,50	13,73	6,50	2,05	**33,78**
Weiße Rosen 36 Pflanzen	*Gülich*	110	273	153	6	**542**	13,65	16,57	3,15	0,25	**33,62**
	Jensen	108	178	103	2	**391**	14,91	11,35	1,97	0,14	**28,37**
	Behäufelt	130	187	128	31	**476**	17,79	11,56	2,97	0,98	**33,30**
	Ebenkultur	83	269	154	39	**545**	10,84	14,82	2,90	1,87	**30,43**
Späte Rosen 36 Pflanzen	*Gülich*	142	246	280	3	**671**	18,74	14,81	5,03	0,16	**38,74**
	Jensen	132	215	188	0	**535**	17,67	14,60	3,39	0	**35,66**
	Behäufelt	152	245	197	23	**617**	19,30	15,82	3,59	1,33	**40,04**
	Ebenkultur	108	246	311	58	**723**	14,14	14,95	5,41	3,41	**37,91**

Kartoffelsorte	Anbaumethode	Ernte nach Zahl					Ernte nach Gewicht (kg)				
		große	mittlere	kleine	kranke	Summa	große	mittlere	kleine	kranke	Summa
Lübbenauer 36 Pflanzen	*Gülich*	63	199	423	13	**698**	6,97	10,79	9,08	0,58	**27,42**
	Jensen	75	207	312	0	**594**	7,17	10,70	5,31	0	**23,18**
	Behäufelt	66	213	355	200	**834**	6,93	11,90	8,19	7,25	**34,27**
	Ebenkultur	43	199	397	124	**763**	4,58	10,32	8,39	3,35	**26,54**
Frühe Rosen 18 Pflanzen	*Gülich*	63	166	141	0	**370**	7,60	10,46	2,62	0	**20,68**
	Jensen	55	148	138	0	**341**	7,23	10,03	2,50	0	**19,76**
	Behäufelt	67	136	189	11	**403**	7,99	8,81	3,71	0,52	**21,03**
	Ebenkultur	37	173	207	12	**429**	4,78	10,80	4,23	0,40	**20,21**
Hörndl 18 Pflanzen	*Gülich*	27	65	159	0	**251**	2,89	3,34	3,25	0	**9,48**
	Jensen	32	92	90	0	**214**	3,47	4,76	1,91	0	**10,14**
	Behäufelt	19	103	112	2	**236**	1,94	5,57	2,50	0,08	**10,01**
	Ebenkultur	26	68	128	3	**225**	2,38	3,67	2,43	0,07	**8,48**
King of the Earlys 18 Pflanzen	*Gülich*	35	126	67	0	**228**	5,20	8,22	1,56	0	**14,98**
	Jensen	42	91	60	0	**193**	5,79	6,09	1,31	0	**13,19**
	Behäufelt	43	142	50	13	**248**	6,17	9,21	1,17	0,90	**17,45**
	Ebenkultur	36	129	149	20	**334**	4,91	7,77	2,80	0,74	**16,22**
Achilles 18 Pflanzen	*Gülich*	103	173	194	9	**479**	10,92	10,37	3,92	0,52	**25,73**
	Jensen	61	110	148	5	**324**	9,07	6,86	3,18	0,30	**19,41**
	Behäufelt	91	111	202	57	**461**	12,57	7,28	5,19	2,67	**27,71**
	Ebenkultur	66	126	246	40	**478**	9,33	9,11	6,56	2,40	**27,40**
Kopsel's frühe weiße 18 Pflanzen	*Gülich*	68	122	49	0	**239**	14,67	10,89	1,04	0	**26,60**
	Jensen	87	74	88	0	**249**	13,50	7,31	3,92	0	**24,73**
	Behäufelt	94	75	102	21	**292**	12,82	5,96	3,23	1,35	**23,36**
	Ebenkultur	80	107	94	16	**297**	10,50	6,22	2,54	1,14	**20,40**
Sovereign 18 Pflanzen	*Gülich*	42	104	203	12	**361**	5,43	7,16	4,07	0,53	**17,19**
	Jensen	29	87	170	1	**287**	3,71	5,32	3,32	0,04	**12,39**
	Behäufelt	44	74	97	47	**262**	6,63	4,68	2,09	2,89	**16,29**
	Ebenkultur	21	60	131	103	**315**	2,97	3,45	1,71	5,96	**14,09**
Marmont 18 Pflanzen	*Gülich*	62	64	116	3	**245**	11,97	5,07	2,05	0,02	**19,11**
	Jensen	55	53	49	0	**157**	12,41	5,02	0,82	0	**18,25**
	Behäufelt	60	90	78	4	**232**	11,20	8,13	1,87	0,06	**21,26**
	Ebenkultur	43	94	86	13	**236**	9,44	8,04	1,82	0,73	**20,03**
Sechswochen 18 Pflanzen	*Gülich*	33	60	69	0	**162**	4,39	3,79	1,69	0	**9,87**
	Jensen	40	62	47	4	**153**	4,60	3,60	0,98	0,09	**9,27**
	Behäufelt	33	58	47	17	**155**	4,27	3,77	1,03	0,78	**9,85**
	Ebenkultur	30	40	81	22	**173**	3,53	1,95	1,52	1,11	**8,11**
Goldelse 18 Pflanzen	*Gülich*	19	59	165	24	**267**	2,81	2,96	2,91	0,42	**9,10**
	Jensen	13	45	152	0	**210**	1,36	2,28	2,64	0	**6,28**
	Behäufelt	14	80	148	17	**259**	1,71	5,28	2,57	0,50	**10,06**
	Ebenkultur	19	50	166	41	**276**	2,22	2,78	2,86	1,30	**9,16**
Schneeflocke 18 Pflanzen	*Gülich*	59	103	119	3	**284**	7,28	7,22	2,80	0,03	**17,33**
	Jensen	44	84	64	0	**192**	7,00	6,17	1,33	0	**14,50**
	Behäufelt	61	84	73	10	**228**	8,24	6,01	1,99	0,92	**17,16**
	Ebenkultur	23	127	128	22	**300**	3,27	8,09	2,89	1,22	**15,47**

Bei näherer Durchsicht vorstehender Zahlen ergiebt sich im Allgemeinen, daß der Einfluß der verschiedenen Häufelungsverfahren auf die Kartoffelerträge in den verschiedenen Jahren sich in wechselvoller Weise geltend machte. Unter Einbeziehung der Witterungsverhältnisse ist es jedoch möglich, in vorstehenden Daten bestimmte Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. 1886 war ein feuchtes Jahr, durch größere und gleichmäßig vertheilte Niederschläge charakterisirt; im Jahr 1887 war die Witterung trocken, besonders im April bis Anfang Mai, im Juni bis Mitte Juli, im August und September, während das Jahr 1888, mit Ausnahme einer Trockenperiode im Mai und Ende Juni, während der Vegetationsperiode ausgiebige Niederschläge aufzuweisen hatte. Unter Berücksichtigung dieser Verhältnisse läßt sich aus den angeführten Ertragsziffern ersehen,

1) daß die mittelst des *Gülich'*schen Verfahrens erzielten Erträge den bei der gewöhnlichen Behäufelungskultur gewonnenen durchschnittlich gleich kamen, wenn die Witterung feucht war (1886, 1888), daß hingegen bei trockener Witterung (1887) im ersteren Fall sich im Vergleich zum letzteren eine bedeutende Depression in dem Produktionsvermögen der Pflanzen bemerkbar machte;
2) daß die *Jensen'*sche Methode in fast allen Fällen den übrigen in Anwendung gebrachten nachstand, und
3) daß die Behäufelung der aus flach gelegten Knollen entwickelten Pflanzen sich besonders bei feuchter Witterung (1886, 1888) vortheilhafter erwiesen hatte als die Kultur in der Ebene, während letztere bei trockener Witterung (1887) hinsichtlich der Ernten sich dem ersteren Verfahren gleichwerthig zeigte.

Die Ursachen der betreffenden Unterschiede sind großentheils auf die durch die verschiedenen Kulturmethoden hervorgerufenen Abänderungen in der Feuchtigkeit und der Temperatur des Bodens zurückzuführen. Sowohl bei dem *Gülich'*schen als auch bei dem *Jensen'*schen Verfahren ist der Boden in den Haufen resp. Dämmen nicht oder doch unvollkommen beschattet, weshalb er sich einerseits stärker erwärmt und in höherem Grade austrocknet[1]) als bei der gewöhnlichen Kultur, bei

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. VIII. 1885. S. 21.

welcher die Pflanzen einen aufrechten Stand behalten. Aus letzterer Erscheinung erklärt sich zunächst die Thatsache, daß die vorbezeichneten beiden Verfahren bei trockener Witterung und auch auf Bodenarten mit geringer Wasserkapazität eine beträchtliche Verminderung des Ertrages herbeiführen. Indem bei genügendem Wasservorrath des Bodens, wie solcher bei größerer Wasserkapazität desselben oder bei ausgiebigen Niederschlägen sich geltend macht, die geschilderten Uebelstände beseitigt werden, kann wenigstens die *Gülich*'sche Methode, wegen vergleichsweise stärkerer Erwärmung des Erdreiches, dieselben oder unter Umständen noch größere Vortheile[1]) gewähren als die gewöhnliche Behäufelung, zumal bei jener durch den weiten Stand der einzelnen Triebe die Konkurrenz zwischen denselben vermindert und die Bewurzelung bezw. die Nahrungsaufnahme seitens der Pflanzen, sowie die Wirkungen von Licht und Wärme mehr gefördert sind als bei dem dichten Stande der Triebe, den diese bei dem gewöhnlichen oder dem *Jensen*'schen Verfahren einnehmen. Dafür, daß bei letzterem, trotz der günstigen Vegetationsverhältnisse hinsichtlich der Bodenwärme auch bei feuchter Beschaffenheit des Ackerlandes das Ertragsvermögen der Pflanzen eine beträchtliche Einbuße erleidet, ist wohl der Umstand in Anspruch zu nehmen, daß bei der einseitigen Behäufelung die oberirdischen Organe der Pflanzen zum Theil mit Erde überdeckt werden und der Blattapparat eine dementsprechende Beschränkung erfährt. Dazu kommt, daß durch die Abbiegung und das Zusammendrängen der Triebe in Folge der in Rede stehenden Operation die Wirkung des Lichtes vermindert wird.

Was schließlich die Frage der Zweckmäßigkeit der hier in Betracht gezogenen Behäufelungsverfahren anlangt, so lassen sich hierüber etwa folgende Gesichtspunkte aufstellen. Die *Gülich*'sche Methode dürfte sich wohl in keinem Falle für den Anbau der Kartoffeln im Großen eignen, weil dieselbe einen bedeutenden Aufwand von Arbeitskräften erfordert und daher Kosten verursacht, welche selbst unter den günstigsten Wachsthumsverhältnissen nicht durch entsprechende Erträge gedeckt würden. Dagegen bietet dieselbe große Vortheile, wenn es sich um die Erzielung eines vorzüglichen Saatgutes handelt und unter derartigen Umständen von der Quantität des Ertrages abgesehen werden kann. Das *Jensen*'sche Verfahren hat wegen der meist mit demselben verknüpften niedrigen

[1]) *E. Wollny.* Saat und Pflege. S. 782.

Ernten im Allgemeinen keine Bedeutung für die Praxis. In einem trockenen Klima und auf einem mit geringer Wasserkapazität ausgestatteten Boden ist die Ebenkultur in der oben beschriebenen Ausführung unzweifelhaft allen übrigen Methoden vorzuziehen, während in einem feuchten Klima und auf Böden, welche das Wasser in größeren Mengen aufzuspeichern vermögen, die höchsten Erträge durch flaches Auslegen der Saatknollen und durch späteres Behäufeln der Pflanzen gewonnen werden.

4. Der Einfluß der Behäufelung auf die Ausbreitung der Kartoffelkrankheit.

Aus verschiedenen Beobachtungen über die Ausbreitung der durch Phytophthora infestans hervorgerufenen Kartoffelkrankheit bei verschiedener Witterung und auf verschiedenen Bodenarten läßt sich deutlich ersehen, daß Trockenheit die Verbreitung des bezeichneten Pilzes hindert oder doch wesentlich einschränkt[1]). Hieraus wird geschlossen werden dürfen, daß alle Kulturmethoden, durch welche eine Verminderung der Bodenfeuchtigkeit bedingt ist, sich in demselben Sinne nützlich erweisen werden. Dies ist in der That der Fall, wie aus der Beobachtung des Referenten hervorgeht, daß die **behäufelten Pflanzen weniger kranke Knollen lieferten als die nicht behäufelten.** Dies weisen u. a. folgende Zahlen[2]) nach:

Bearbeitung	Saattiefe cm	Kranke Knollen									
		der Zahl nach in Proz.					dem Gewicht nach in Proz.				
		Early Rose	Schneeflocke	Georgenschwalger	Fürstenwalder	Regensburger	Early Rose	Schneeflocke	Georgenschwalger	Fürstenwalder	Regensburger
behäufelt	15	1,8	1,5	0,6	0,0	0,4	1,6	1,7	1,1	0,0	0,6
nicht behäufelt	»	5,6	14,7	12,3	5,4	5,9	5,5	12,6	11,2	4,2	6,0
behäufelt	0	2,8	2,2	1,6	1,2	2,1	3,3	2,5	0,6	0,9	2,0
nicht behäufelt	»	11,2	22,4	14,9	10,2	11,1	11,7	17,1	15,0	11,0	11,1

Es zeigte sich also, daß durch die Behäufelung der Pflanzen die Erkrankung der Knollen vermindert worden war. Die Ursache hiervon

[1]) *E. Wollny.* Deutsche landw. Presse. 1897. Nr. 86.
[2]) *E. Wollny.* Saat und Pflege. S. 786.

beruht auf der trockenen Beschaffenheit des Erdreiches in den Behäufelungshorsten, sowie auf der im Vergleich zur Ebenkultur stärkeren Lage der Erdschichte über den Knollen. Es ist in Bezug auf ersteren Punkt besonders auch die Thatsache zu beachten, daß die Dämme oberflächlich sehr viel schneller abtrocknen und sich längere Zeit in diesem Zustande erhalten als die korrespondirenden Schichten des ebenen Landes. Die auf den Boden fallenden Fortpflanzungsorgane des Pilzes finden daher in letzterem Fall bessere Bedingungen zu ihrer Weiterentwickelung als im ersteren. Durch das Anhäufeln wird weiter die Mächtigkeit der Erdschicht über den Kartoffeln erhöht und dadurch gleichzeitig das mechanische Hinderniß, welches sich dem Eindringen der Pilzsporen in den Boden entgegenstellt. Freilich wird die Behäufelung einen vollständigen Schutz gegen die Krankheit nicht gewähren können, weil der Pilz den bezüglichen Untersuchungen *Jul. Kühn*'s[1]) zu Folge im Boden zu fruktifiziren und sich demzufolge in demselben weiter zu verbreiten vermag. Es scheint jedoch, als ob diese Art des Ueberhandnehmens der Krankheit in geringerem Umfange erfolgt als jene, welche durch das Niederfallen der Fortpflanzungsorgane des Pilzes von den Blättern aus auf die Erde bedingt ist.

Aus solchen wie den vorstehenden Thatsachen wird natürlich auch die Schlußfolgerung abgeleitet werden dürfen, daß den Knollen in den nach dem *Gülich*'schen oder *Jensen*'schen Verfahren hergestellten Dämmen ein ergiebiger Schutz gegen Erkrankung gewährt werde, zumal durch das Niederbiegen der oberirdischen Organe die Fortpflanzungsorgane des Pilzes aus dem Bereich der die Knollen umschließenden Bodenpartie geführt werden. Die oben mitgetheilten Versuchsergebnisse lassen zur Genüge erkennen, daß der Zweck, welcher bei der Einführung jener beiden Methoden hauptsächlich maßgebend war, nämlich die Beschränkung der Erkrankung der Knollen, ziemlich vollständig erreicht wird. Noch deutlicher wird dies aus folgenden Prozentzahlen ersichtlich:

---

[1]) Zeitschrift des landw. Vereins f. d. Prov. Sachsen. 1870. Nr. 12.

1886.

Kartoffelsorte	Kranke Knollen der Zahl nach in Proz. *Gülich*	*Jensen*	behäufelt	Eben-kultur	Kranke Knollen dem Gewicht nach in Proz. *Gülich*	*Jensen*	behäufelt	Eben-kultur
Gelbe Hörndl	2,1	1,1	9,8	6,8	2,5	0,9	11,8	10,1
Sechswochen	0,3	0,4	15,1	5,7	0,4	0,7	16,1	6,9
Späte Rosen	0,5	0,0	11,3	1,9	0,9	0,0	15,1	3,2
Weiße Rosen	0,4	0,2	19,1	10,8	0,1	0,3	22,9	16,7
King of the Earlys .	0,5	0,4	2,3	5,3	0,8	1,1	3,6	6,5
Kopsel's frühe weiße .	0,0	1,3	9,8	8,3	0,0	2,8	9,5	9,7
Sovereign	1,7	2,0	41,2	26,7	2,7	2,7	34,5	38,0
Frühe Rosen	0,2	0,8	9,4	6,5	0,3	0,4	13,1	10,9
Lübbenauer	0,0	0,3	7,3	23,7	0,0	0,7	11,6	32,1
Schneeflocke	0,8	0,9	14,7	17,1	0,5	0,9	17,3	17,6
Goldelse	0,2	0,0	11,8	17,8	0,2	0,0	35,1	23,9

1888.

Kartoffelsorte	Zahl *Gülich*	*Jensen*	behäufelt	Eben-kultur	Gewicht *Gülich*	*Jensen*	behäufelt	Eben-kultur
Blaue Prinzessin . . .	1,2	0,5	4,7	6,8	0,6	0,4	4,1	6,1
Weiße Rosen	1,1	0,5	6,5	7,1	0,7	0,5	2,9	6,1
Späte Rosen	0,4	0,0	3,7	8,0	0,4	0,0	3,3	8,9
Lübbenauer	1,9	0,0	23,9	16,2	2,1	0,0	21,2	12,2
Frühe Rosen	0,0	0,0	2,7	2,8	0,0	0,0	2,5	2,0
Hörndl	0,0	0,0	0,8	1,3	0,0	0,0	0,8	0,8
King of the Earlys . .	0,0	0,0	5,2	6,0	0,0	0,0	5,2	4,6
Achilles	1,9	1,5	12,4	8,4	2,0	1,5	9,6	8,7
Kopsel's frühe weiße .	0,0	0,0	7,2	5,4	0,0	0,0	5,8	5,6
Sovereign	3,3	0,4	17,9	31,7	3,1	0,3	17,7	42,3
Marmont	1,2	0,0	1,7	5,5	0,1	0,0	0,3	0,6
Sechswochen	0,0	2,6	10,9	12,7	0,0	0,9	7,9	13,7
Goldelse	9,0	0,0	6,5	14,8	4,6	0,0	4,9	14,2
Schneeflocke	1,1	0,0	4,8	7,3	0,2	0,0	5,4	7,9

Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, daß die Menge kranker Knollen in der Ernte bei Anwendung des *Gülich*'schen und *Jensen*'schen Verfahrens gegenüber der gewöhnlichen Kultur in einem außerordentlichen Grade vermindert worden war. Dies beruht darauf, daß die Erde in den nach jenen beiden Methoden hergestellten Hügeln und Dämmen in höherem Grade austrocknet als in den in der Praxis üblichen Weise hergestellten Behäufelungshorsten, sowie, daß durch die Niederbiegung des Krautes die Fortpflanzungsorgane des Kartoffelpilzes in die Furchen entführt und dadurch unschädlich gemacht werden. Letzteres Moment erscheint besonders wichtig, wie aus den Ergebnissen jener Versuche geschlossen werden darf, in welchen die

Behäufelungs- und die Ebenkultur angewendet wurden. Wie oben dargelegt wurde, wird ganz allgemein die Erkrankung der Knollen bei jener im Vergleich zu dieser wesentlich beschränkt, während aus den im Vorstehenden mitgetheilten Zahlen sich in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die entgegengesetzten Erscheinungen geltend machen. Dies läßt sich aber in ungezwungener Weise aus dem Umstande erklären, daß die oberirdischen Organe der Pflanzen in den *Jensen*'schen Dämmen nach der Seite abgebogen waren, auf welcher sich dicht nebenan die nach dem gewöhnlichen Verfahren hergestellten Behäufelungshorste befanden und daß diese sonach zum Theil auf der einen Seite dem Einfluß des Krautes der benachbarten Dämme ausgesetzt waren. In Folge dessen konnte der Pilz sich unter diesen Umständen in viel stärkerem Grade in dem Boden verbreiten als auf sämmtlichen übrigen Parzellen, einschließlich derjenigen, welche in Ebenkultur behandelt waren.

Diese Vortheile, welche die Verfahren von *Gülich* und *Jensen* hinsichtlich des Schutzes der Kartoffelknollen gegen die Erkrankung bieten, kommen indessen bei Beurtheilung der Brauchbarkeit derselben für die Praxis nicht in Betracht, weil nach den obigen Ausführungen die mittelst derselben erzielten Erträge in Bezug auf Sicherheit und Höhe im Allgemeinen nicht den zu stellenden Anforderungen entsprechen. Gleichwohl dürfte der Nachweis, daß die stärkere Austrocknung des Bodens und das Niederbiegen der Stengel der Verbreitung der Krankheit entgegenwirkt, von Interesse sein und möglicherweise weiterhin eine praktische Verwerthung finden.

II. Die Kammkultur.

Das hier näher zu erörternde, durch die Ueberschrift bezeichnete Verfahren besteht darin, daß vor der Saat auf der Oberfläche des Ackerlandes Kämme mit breiter Krone aufgezogen und auf der Mittellinie letzterer die Samen oder Früchte der anzubauenden Pflanze entweder mit der Hand horstweise in gleichmäßigen Abständen ausgelegt resp. gedrillt werden. Nachdem die Pflanzen eine gewisse Entwickelungsstufe erreicht haben, werden dieselben verzogen und weiterhin flach behäufelt. Besonders wird diese Methode bei den Rüben, jedoch auch bei anderen Gewächsen, wie z. B. bei dem Mais, der Sonnenblume u. s. w., in Anwendung gebracht.

Von der Behäufelungskultur unterscheidet sich vorbezeichnetes Verfahren im Wesentlichen dadurch, daß ein Anziehen von Erde an die Basis der Pflanzen entweder gar nicht oder nur in einem schwachen Grade stattfindet und daher die mit einer stärkeren Anhäufelung verbundenen Nachtheile[1]) vermieden werden, während andererseits die mit der Herstellung von Dämmen Hand in Hand gehenden günstigen Wirkungen auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens (Lockerheit, Durchlüftung, Temperatur und Wassergehalt) unter geeigneten Verhältnissen nicht allein in stärkerem Maße, sondern auch während eines längeren Zeitraumes sich geltend machen können als bei ersterer Kulturmethode. Aus diesen Gründen hat die Kammkultur, wie schon a priori angenommen werden kann und in Nachfolgendem nachgewiesen werden soll, eine größere Wichtigkeit, insbesondere bei dem Anbau der Rüben, in Anspruch zu nehmen, als ihr gewöhnlich beigemessen wird.

Die älteren, auf einem flachgründigen Boden angestellten Versuche des Referenten[2]) hatten gezeigt, daß die Kammkultur bei den Rüben (Runkel- und Kohlrüben) in der Mehrzahl der Fälle einen günstigeren Einfluß auf die Ernten ausgeübt hatte als das gewöhnliche Behäufelungsverfahren. Zur weiteren Prüfung dieser Methoden wurden die einschlägigen Untersuchungen nach der Verlegung des Versuchsfeldes (1885) auf einem tiefgründigen Boden (humoser Diluvialsand von 35 cm Mächtigkeit auf einem aus Glazialschotter bestehenden Untergrunde aufruhend) fortgesetzt. Von den drei je einen Versuch bildenden Parzellen resp. Pflanzenreihen war die eine zur Kammsaat und die beiden anderen zur Flachsaat benutzt worden. Auf je einer dieser letzteren Abtheilungen wurden die Pflanzen während der Vegetationszeit im mittleren und in einem späteren Entwickelungsstadium behäufelt, während auf der zweiten die Oberfläche des Bodens keine andere Veränderung erfuhr, als daß dieselbe mehrmals behackt und durch Jäten gereinigt wurde. Die Kämme wurden, soweit dieselben unter dem Einfluß der atmosphärischen Niederschläge Deformationen erlitten hatten, durch Nachhäufeln wieder

[1]) Diese bestehen vornehmlich darin, daß die mit Erde bedeckten Stengeltheile sich in Folge des Lichtabschlusses mehr oder weniger strecken, wodurch unter Umständen, besonders bei ungenügendem Feuchtigkeitsvorrath des Bodens, die Gesammtentwickelung der Pflanze geschädigt werden kann.

[2]) *E. Wollny.* Saat und Pflege. S. 795.

in ihrer ursprünglichen Beschaffenheit hergestellt. Ueber die Versuchsanordnung und die ermittelten Resultate geben die nachfolgenden Tabellen Auskunft:

Versuch I (1886).

Pflanze	Größe der Parzelle qm	Reihen-entfernung cm	Kulturmethode	Ernte (gr) Körner	Stroh	Spreu
Ackerbohne	4	25	Kammkultur	1117	1350	241
	»	»	Ebenkultur	864	1240	177
Erbse	4	25	Kammkultur	1320	1760	348
	»	»	Ebenkultur	1270	1705	258
Sommerraps	4	25	Kammkultur	328	1805	750
	»	»	Ebenkultur	215	1570	447

Mais	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Anbaumethode	Ernte: Kolben reife	Kolben unreife	Kolben Summa	Körner gr	Stroh gr	Kolben-stroh gr	Gewicht d. unreif. Kolben gr
Szekler	60:60	66	Kammkultur	112	28	140	3620	8600	1860	1340
	»	»	behäufelt	98	17	115	3420	6010	1710	2300
	»	»	nicht behäufelt	91	4	95	3170	6700	1790	90
September	60:60	45	Kammkultur	73	51	124	1460	5370	2050	1220
	»	»	behäufelt	50	76	126	930	6010	1230	4910
	»	»	nicht behäufelt	54	14	68	850	3560	1410	920

Rüben	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Anbaumethode	Ernte (gr) Rüben	Blätter
Runkelrübe Selected Geant	60:60	30	Kammkultur	50500	13600
	»	»	behäufelt	45650	14620
	»	»	nicht behäufelt	45750	14500
Runkelrübe Oberndorfer	60:60	30	Kammkultur	50150	19150
	»	»	behäufelt	40600	19600
	»	»	nicht behäufelt	38550	18800
Runkelrübe Leutewitzer	60:60	30	Kammkultur	49400	22300
	»	»	behäufelt	38700	22400
	»	»	nicht behäufelt	36400	22300
Kohlrübe Schwedische	60:60	30	Kammkultur	35000	11370
	»	»	behäufelt	20200	8020
	»	»	nicht behäufelt	19200	7970

Versuch II (1887).

Pflanze	Größe der Parzelle qm	Reihen-entfernung cm	Anbaumethode	Ernte (gr) Körner	Stroh	Spreu
Ackerbohne	13	25	Kammkultur	867,0	1110	280
	»	»	behäufelt	913,6	1650	880
	»	»	nicht behäufelt	943,5	1230	780
Erbse	13	25	Kammkultur	1701	2140	723
	»	»	behäufelt	1443	1960	521
	»	»	nicht behäufelt	1403	2020	490
Sommerraps	13	25	Kammkultur	922,0	3710	456
	»	»	behäufelt	914,5	3980	408
	»	»	nicht behäufelt	901,0	3500	430

Mais	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Anbaumethode	Ernte: Kolben reife	Kolben unreife	Kolben Summa	Körner gr	Stroh grün gr	Kolbenstroh gr	Gewicht d. unreif. Kolben gr
Szekler	60:60	28	Kammkultur	53	13	66	2990	10400	1610	870
	»	»	behäufelt	50	11	61	3140	9790	1090	860
	»	»	nicht behäufelt	65	13	78	3980	13370	2020	1080
September	60:60	28	Kammkultur	70	13	83	4380	7050	1795	340
	»	»	behäufelt	69	12	81	4148	8150	1900	260
	»	»	nicht behäufelt	56	19	75	5580	11000	2100	1290
Cinquantino	60:60	28	Kammkultur	38	13	51	1460	13020	1580	1330
	»	»	behäufelt	37	26	63	1835	15900	2110	2470
	»	»	nicht behäufelt	46	2	48	2020	21560	1820	140
Kleiner gelber	60:60	28	Kammkultur	70	52	122	2020	11900	1205	2550
	»	»	behäufelt	87	34	121	2080	11800	1355	1720
	»	»	nicht behäufelt	78	32	110	2590	13950	1620	1510

Rüben	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte (kg) Rüben	Blätter
Runkelrübe Oberndorfer	60:60	36	Kammkultur	35,3	12,60
	»	»	behäufelt	37,8	13,10
	»	»	nicht behäufelt	46,0	17,10

Rüben	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte (kg) Rüben	Ernte (kg) Blätter
Runkelrübe Leutewitzer	60:60	36	Kammkultur	**34,1**	15,90
	»	»	behäufelt	**38,4**	16,14
	»	»	nicht behäufelt	**46,3**	19,10
Runkelrübe Long red geant	60:60	36	Kammkultur	**45,16**	9,83
	»	»	behäufelt	**39,92**	10,86
	»	»	nicht behäufelt	**49,14**	14,97
Kohlrübe Schwedische	60:60	36	Kammkultur	**34,51**	9,11
	»	»	behäufelt	**24,71**	7,96
	»	»	nicht behäufelt	**20,70**	7,05

Versuch III (1888).

Kartoffeln 50:50 cm. Je 16 Pflanzen	Kulturmethode	Ernte nach Zahl					Ernte nach Gewicht (kg)				
		große	mittlere	kleine	kranke	Summa	große	mittlere	kleine	kranke	Summa
Frische Rosen	Kammkultur	29	128	280	3	**440**	2,78	6,41	4,51	0,09	**13,79**
	Ebenkultur	22	93	256	5	**376**	1,88	4,54	4,88	0,15	**11,45**
Lübbenauer	Kammkultur	15	95	347	2	**459**	1,07	3,40	4,76	0,02	**9,25**
	Ebenkultur	9	70	198	40	**317**	0,71	2,98	2,90	1,03	**7,62**
Späte Rosen	Kammkultur	34	99	200	4	**337**	3,20	4,94	3,14	0,18	**11,46**
	Ebenkultur	23	73	146	11	**253**	2,32	3,75	2,70	0,57	**9,34**
Weiße Rosen	Kammkultur	11	92	162	6	**271**	0,92	4,21	3,22	0,19	**8,54**
	Ebenkultur	6	87	150	7	**250**	0,52	3,87	3,56	0,24	**8,19**

Versuch IV (1897).

Mais	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte: Kolben reife	Kolben unreife	Kolben Summa	Körner kg	Stroh kg	Kolbenstroh kg
September	40:40	90	Kammkultur	136	13	149	**10,92**	43,95	6,09
	»	»	behäufelt	116	10	126	**10,52**	42,55	6,01
	»	»	nicht behäufelt	106	4	110	**8,77**	38,25	5,76

Wurzelfrüchte	Standraum der Pflanzen cm	Zahl der Pflanzen	Kulturmethode	Ernte (kg)	
				Wurzeln	Blätter
Runkelrübe Oberndorfer	50:40	75	Kammkultur	73,26	31,01
	»	»	behäufelt	64,10	28,69
	»	»	nicht behäufelt	54,81	29,65
Runkelrübe Leutewitzer	50:40	75	Kammkultur	93,06	14,78
	»	»	behäufelt	88,68	14,35
	»	»	nicht behäufelt	69,90	13,60
Mohrrübe	50:40	75	Kammkultur	38,25	19,48
	»	»	behäufelt	35,19	19,27
	»	»	nicht behäufelt	28,86	14,98
Wasserrübe	50:40	75	Kammkultur	28,61	31,82
	»	»	behäufelt	23,94	35,95
	»	»	nicht behäufelt	20,25	26,55
Kohlrübe	50:40	75	Kammkultur	94,86	14,03
	»	»	behäufelt	81,07	14,75
	»	»	nicht behäufelt	62,45	13,17
Cichorie	50:40	75	Kammkultur	25,25	17,19
	»	»	behäufelt	23,47	17,16
	»	»	nicht behäufelt	20,13	16,57

Bei Durchsicht dieser Zahlen ergiebt sich ohne Weiteres, daß die bei Anwendung der drei Kulturmethoden erzielten Ergebnisse je nach dem Jahrgange verschieden waren. Zieht man in Betracht, daß die Witterung 1886 und 1888 feucht, im Jahre 1897 naß, im Jahre 1887 dagegen trocken war, so zeigt ein Vergleich der Ertragsziffern mit den jeweils herrschenden Feuchtigkeitsverhältnissen mit voller Deutlichkeit, daß bei der Kamm- und Behäufelungskultur in feuchten und nassen Jahren (1886, 1888 resp. 1897) höhere Erträge als bei der Ebenkultur erzielt werden, während sich diese Verhältnisse bei vorwiegend trockener Witterung (1887) umgekehrt gestalten. Die Brauchbarkeit des Verfahrens, die Saat auf dem First vorher aufgezogener Kämme vorzunehmen, im Vergleich zum Ebenbau würde sonach von denselben Gesichtspunkten zu beurtheilen sein wie die

der Behäufelungskultur, indem geschlossen werden darf, daß die Anlage von Kämmen nur für feuchte Lagen, das Wasser gut zurückhaltende Böden und ein feuchtes Klima geeignet, hingegen unter Verhältnissen, in welchen der Wasservorrath des Standortes unzulänglich ist, zweckmäßig nicht in Anwendung zu bringen sei.

Zieht man die Ertragsziffern in Vergleich, welche bei dem Kammbau einerseits und dem gewöhnlichen Behäufelungsverfahren andererseits ermittelt wurden, so ergiebt sich zur Evidenz, daß ersterer vor letzterem sich durch ungleich höhere Erträge auszeichnet und daß aus diesem Grunde unter sonst günstigen Vegetationsbedingungen die Kamm- der Behäufelungskultur entschieden vorzuziehen ist.

Diese Prävalenz des Kammbaues ist sowohl auf die mit demselben verbundene Vermehrung der den Pflanzen zur Verfügung gestellten lockeren Erdschicht, als auch auf die länger andauernde Wirkung einer höheren Bodentemperatur zurückzuführen. Ersteren Punkt anlangend, ist besonders zu berücksichtigen, daß durch die Anlage von Kämmen auf dem zuvor gut bearbeiteten Felde die disponible lockere Erdmenge naturgemäß entsprechend der Erhöhung über dem Niveau der Fläche zunimmt und demgemäß schon für das anfängliche Wurzelwachsthum ein größerer Bodenraum zur Verfügung steht als bei der Flachsaat, welche der Behäufelung vorausgeht. Die Entwickelung der Pflanze ist aus diesem Grunde, und weil sich der Lockerheitszustand in den Kämmen in vollkommenerem Grade erhält als bei ebener Oberfläche des Landes, bei ausreichendem Wasservorrath des Bodens von vornherein eine vergleichsweise bessere. Eine wesentliche Unterstützung erfahren die Pflanzen überdies dadurch in ihrem Wachsthum, daß der Boden in den Kämmen sich stärker erwärmt als bei dem Ebenbau und daß sie sich somit während eines längeren Zeitraumes auch in dieser Beziehung unter günstigeren Vegetationsverhältnissen befinden als jene, bei welchen die Behäufelung angewendet wird, weil letztere erst in einem vorgeschrittenen Entwickelungsstadium der Pflanzen vorgenommen wird. Rechnet man hinzu, daß die Gewächse in den Kämmen in weit geringerem Grade der Gefahr des Ueberwucherns seitens der Unkräuter ausgesetzt sind und daß die etwa zur Erhaltung der Form der Dämme erforderliche Nachhäufelung wegen lockerer Beschaffenheit des Erdreiches einen geringeren Arbeitsaufwand erfordert als in dem Falle, wo die betreffenden Nutzgewächse zunächst

in der Ebene kultivirt und später behäufelt werden, so dürfte nach alledem die Schlußfolgerung berechtigt erscheinen, daß der Kammbau gegenüber dem meist üblichen Verfahren weit größere Vortheile bietet, als man gemeinhin anzunehmen geneigt ist.

Behufs Charakterisirung derjenigen Verhältnisse, unter welchen die Kammkultur die geschilderten Vorzüge aufweisen würde, wird, neben der Rücksicht auf den Feuchtigkeitszustand der Ackererde, außerdem noch einerseits der Einfluß niederer Temperaturen, andererseits das spezifische Verhalten bei den in solcher Weise behandelten Pflanzen schließlich nicht außer Acht gelassen werden dürfen. In Bezug auf ersteren Punkt erscheint die in der Praxis gemachte Beobachtung belangreich, daß die auf dem First von Kämmen angebauten Gewächse wegen ihrer exponirten Stellung leichter durch die Fröste im Frühjahr geschädigt werden als jene bei dem Flachbau, woraus geschlossen werden muß, daß jenes Verfahren für rauhere Klimate nicht empfohlen werden kann. Die an zweiter Stelle berührte Frage dürfte, soweit hierüber Erfahrungen vorliegen und nach Analogien sich beurtheilen läßt, dahin beantwortet werden können, daß, abgesehen von den im Uebrigen in Betracht zu ziehenden Momenten, der Kammbau besonders für den Anbau der Rübengewächse, verschiedener sog. Handelsfrüchte (Sonnenblume, Weberkarde u. s. w.), demnächst auch für die Kultur von Mais und Sorghum geeignet erscheint[1]). Unter passenden Vegetationsbedingungen ließe sich auch der Kammbau bei der Kartoffel mit Vortheil verwenden, zumal die Konstruktion geeigneter Behäufelungsinstrumente keine wesentlichen Schwierigkeiten bietet. Alle Thatsachen zusammengefaßt, würde sich ergeben, daß der Kammbau bei den bezeichneten Gewächsen in einem milden und feuchten Klima, sowie auf Böden mit größerer bezw. mittlerer Wasserkapazität vor dem Behäufelungsverfahren erhebliche Vortheile gewährt und daher unter solchen Verhältnissen in größerem Umfange als bisher Anwendung zu finden verdient.

[1]) Für den Zuckerrübenbau hat die Kammkultur noch die besondere Bedeutung, wie *G. Marek* nachgewiesen hat, daß die nach diesem Verfahren gezogenen Rüben sich durch einen höheren Zuckergehalt vor den bei gewöhnlicher Kultur gewonnenen auszeichnen.

Neue Litteratur.

***W. Zaleski.* Zur Kenntniß der Eiweißbildung in den Pflanzen.** Ber. d. deutschen botan. Ges. Bd. XV. 1897. S. 526.

***G. Tolomei.* Wirkung der Elektrizität auf die Keimung.** Atti della Reale Accademia dei Lincei, Rendiconti. 1898. Ser. V. Vol. VII (1). p. 177.

***G. Tolomei.* Untersuchungen über die Wirkung der Röntgenstrahlen auf die Pflanzen.** Atti della Reale Accademia dei Lincei, Rendiconti. 1898. Ser. V. Vol. VII (1). p. 31.

***Maldiney et Thouvenin.* De l'influence des rayons X sur la germination.** Revue générale de botanique. T. X. 1898. No. 111.

***H. Deveaux.* Perméabilité des troncs d'arbres aux gaz atmosphériques.** Comptes rendus. T. CXXV. 1897. No. 23. p. 979.

***F. Czapek.* Ueber einen Befund an geotropisch gereizten Wurzeln.** Ber. d. deutschen bot. Ges. Bd. XV. 1897. S. 516.

***Z. Kamerling.* Oberflächenspannung und Kohäsion.** Eine mikrophysikalische Studie. Botanisches Zentralblatt. Von *O. Uhlworm.* Bd. LXXIII. 1898. S. 369. 439. 465.

III. Agrar-Meteorologie.

Mittheilungen aus dem agrikulturphysikalischen Laboratorium und Versuchsfelde der technischen Hochschule in München.

CXI. Untersuchungen über die Verdunstung und das Produktionsvermögen der Kulturpflanzen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

Von Professor Dr. E. Wollny in München.

Bei Beurtheilung der Beziehungen der Transpiration zu der Stoffbildung in der Pflanze geht man vielfach von der Anschauung aus, daß beide Prozesse einen gleichsinnigen Verlauf aufzuweisen hätten, insofern die Wasseraufnahme seitens der Wurzeln mit der Verdunstung steige und falle und in entsprechender Weise die Versorgung der Pflanze mit Nährstoffen von Statten gehe. Inwieweit damit die thatsächlichen Verhältnisse in Einklang zu bringen seien, ist eine Frage, die um so eher eine spezielle Untersuchung erheischt, als geltend gemacht werden kann, daß die Vorgänge bei dem Uebertritt des Wassers und der Nährstoffe in die Wurzeln theilweise verschiedener Natur sind und daß überdies jene Hypothese zur Erklärung gewisser Erscheinungen in der Natur sich als ungenügend erweisen würde. Hierher wäre z. B. die Thatsache zu rechnen, daß die im feuchten Tropenklima wachsenden, schwach transpirirenden Pflanzen eine ungleich größere Menge organischer Substanz produziren als jene, welche unter sonst günstigen Vegetationsbedingungen an Oertlichkeiten mit vorherrschend trockener Luft vegetiren und unter solchen Umständen viel bedeutendere Mengen von Wasser an die Atmosphäre abgeben. Dazu kommt, daß die einschlägigen Untersuchungen

zu keinem übereinstimmenden Resultat geführt haben, indem entweder mit steigender Verdunstung bei Abnahme der Luftfeuchtigkeit eine Förderung des Wachsthums oder eine Verminderung desselben beobachtet wurde[1]). Diese Widersprüche lassen sich größtentheils darauf zurückführen, daß in der überwiegenden Mehrzahl der betreffenden Beobachtungen nur einzelne Individuen verwendet wurden und in Rücksicht auf die Verschiedenheiten in der spezifischen Entwickelungsfähigkeit derselben deshalb die Zuverlässigkeit der Ergebnisse eine wesentliche Einbuße erleiden mußte. Aus letzterem Grunde glaubte Referent, daß es wünschenswerth sei, die in Rede stehende Frage einer nochmaligen experimentellen Prüfung zu unterziehen und zwar unter Beseitigung des gerügten Mangels in den früheren Beobachtungen.

Behufs Ausführung dieser Versuche wurden auf einer freigelegenen Kiesfläche des Versuchsfeldes drei Tische und auf diesen Glashäuser aufgestellt, welche einen Rauminhalt von 2,4 cbm besaßen[2]). Durch Anbringung von größeren Löchern in der Tischplatte und in dem oberen Theil der Hinterwand war die Möglichkeit zu einer ununterbrochenen Luftzirkulation in den Häusern gegeben. In einem derselben war vor der Hinterwand in den Jahren 1894 und 1895 ein grobes Hanftuch ausgespannt, im Jahre 1896 eine mit Fließpapier überzogene Wellblechwand aufgestellt. Ueber diese Flächen rieselte aus einer oberhalb derselben angebrachten, mit einer Tropfvorrichtung versehenen Rinne fortwährend Wasser, welches aus auf dem Dache aufgestellten Mariotte'schen Flaschen tropfenweise zugeführt wurde. Außerdem waren in dem Raum sechs mit Rinnen versehene Apparate aufgestellt, aus welchen zu beiden Seiten Fließpapierblätter herabfielen, welche fortdauernd feucht erhalten wurden. Die Tischplatte selbst war zwischen den Löchern mit Fließpapier bedeckt, welches gleichergestalt in einem nassen Zustande erhalten wurde. Der Zweck dieser Vorrichtung, die Luft im Hause vollständig mit Wasserdampf zu sättigen, wurde leider nicht erreicht, doch ließ sich mittelst derselben wenigstens ein höherer Feuchtigkeitsgehalt der eingeschlossenen Luft herstellen.

---

[1]) Vergl. die Abhandlung von *W. Wollny*. Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1898. S. 397.

[2]) Die vordere Höhe der Glashäuser betrug 1,65 m, die hintere 1,31 m, ihre Länge 1,82 m und Breite 0,90 m.

In einem anderen Vegetationshaus wurde die Luft dadurch ausgetrocknet, daß an der Rückwand zwei dieselbe vollständig bedeckende, aus Drahtgeflecht hergestellte und mit Chlorcalciumstücken gefüllte Gefäße angebracht wurden. Außerdem waren mehrere Porzellanschalen in dem Raum aufgehängt, in welchen sich ebenfalls Chlorcalcium befand.

Das dritte Haus erhielt lediglich die durch die Oeffnungen zirkulirende Luft der Außenwelt, welche, wie die bezüglichen Messungen zeigten, einen im Vergleich zu der in den beiden anderen Häusern eingeschlossenen Luft mittleren Feuchtigkeitsgrad aufwies.

Die Kulturen wurden in den Jahren 1894 und 1895 in Blumentöpfen, welche äußerlich glasirt waren und einen Durchmesser von 25 cm bei einer Höhe von 22 cm, in dem Jahre 1896 in zylindrischen Blechgefäßen von gleichem Durchmesser und 20 cm Höhe vorgenommen. Die Gefäße wurden mit gleichen Erdmengen gefüllt und während der ganzen Vegetationszeit täglich gewogen, worauf der inzwischen stattgefundene Verdunstungsverlust durch Aufgießen entsprechender Wassermengen auf die frühere Höhe gebracht wurde. Der Feuchtigkeitsgehalt betrug 50% der vollen Wasserkapazität. 1894 erhielt jedes Gefäß eine Düngerzufuhr von 3 gr eines aus Superphosphat, Chlorkalium und Chilisalpeter zusammengesetzten Gemisches, 1896 eine solche von 7 gr mit demselben Material. 1895 wurde der aus krümeligem humosem Diluvialsand bestehende, in allen Versuchsreihen verwendete Boden lediglich mit 10% Komposterde gemengt.

Die Messungen der Luftfeuchtigkeit und Temperatur wurden mit Hilfe eines Hygrometers von Hottinger & Co. in Zürich ausgeführt und 1894 sowie 1895 alle 4—6 Tage, 1896 jeden Tag um 10 h a. m. vorgenommen. Aus sämmtlichen Beobachtungen wurde der Durchschnitt für die einzelnen Versuchsjahre berechnet. Die in dieser Weise ermittelten Daten geben selbstredend nur einen ungefähren Anhalt zur Beurtheilung der Unterschiede in dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft in den drei Glashäusern, weil dieser fortwährenden Schwankungen unterworfen, in der Nacht und in kälteren Perioden beträchtlich größer, während der wärmsten Tageszeit und bei höheren Temperaturen wesentlich kleiner ist als im Durchschnitt der um 10 h a. m. angestellten Beobachtungen. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß die Vegetationsdauer der Pflanzen eine verschiedene war und deshalb die berechneten Werthe für die ganze

Vegetationszeit, nicht für den Einzelversuch genau zutreffend sein können. Nichtsdestoweniger erscheinen die bezüglichen Zahlen doch zur allgemeinen Charakterisirung des hygrometrischen Zustandes der Luft brauchbar, zumal die einschlägigen Untersuchungen zu einer Tageszeit vorgenommen wurden, in welcher die Luftfeuchtigkeit jeweils einen mittleren Grad zeigte und andererseits die durch verschiedene Vegetationsdauer der Gewächse hervorgerufenen Abweichungen, wie besonders angestellte Berechnungen lehrten, nur unwesentlich waren. Wenn in den nachfolgenden Tabellen die Temperatur unberücksichtigt blieb, so war dafür die Thatsache maßgebend, daß die betreffenden Unterschiede gering waren (0,2—0,4° C. zu Gunsten des trockenen Raumes) und daß andererseits die zu einer bestimmten Tageszeit ausgeführten Beobachtungen naturgemäß keinen Anhalt für die Durchschnittstemperatur gewähren konnten. Angesichts des Umstandes, daß die Glashäuser nach allen Seiten frei lagen und daß die bei den Messungen sich ergebenden Unterschiede gering waren, dürfte man in der Annahme nicht fehl gehen, daß die in den Häusern befindlichen Pflanzen fast den gleichen Wärmeverhältnissen ausgesetzt waren oder doch, daß eine nur schwache Tendenz zur Abnahme der Temperatur mit zunehmendem Feuchtigkeitsgehalt der Luft sich geltend machte.

Die Messungen der Verdunstung in den einzelnen Gefäßen wurden in den einzelnen Versuchsjahren 10—13mal in gleichmäßigen Intervallen wiederholt. Wegen des damit verknüpften ziemlich beträchtlichen Zeitaufwandes mußte von der Anstellung täglicher Beobachtungen Umgang genommen werden, zumal dem Referenten nur ein Mitarbeiter zur Verfügung gestellt ist. Die Durchschnittswerthe, wie solche in den nachfolgenden Tabellen aufgeführt sind, können daher auf absolute Genauigkeit keinen Anspruch erheben und bloß dazu dienen, einen ungefähren Anhalt für die Unterschiede in der Verdunstung zu bieten. Bezüglich der Details in dieser Beziehung, sowie betreffs der Ernteergebnisse sind die in nachstehenden Tabellen aufgeführten Daten zu vergleichen.

Versuch I (1894).

Mittlere relative Luftfeuchtigkeit.

	feucht	mittelfeucht	trocken
	69,3	49,6	34,6
Relatives Verhältniß:	100	71,6	49,9.

Pflanze	Beschaffenheit der Luft	Mittlere Verdunstung pro Tag	Blüthezeit	Erntezeit	Zahl der Halme u. Stengel	Zahl der Aehren, Rispen, Schoten	Ernte: Körnerzahl	Ernte: Körnergewicht gr	Ernte: Stroh gr	Ernte: Spreu gr	Zahl der Pflanzen
Weizen	feucht	147	23. Juni	31. Juli	58	44	454	13,5	27,1	29,2	13
	mittelfeucht	244	20. »	29. »	41	34	294	10,2	24,0	4,1	»
	trocken	276	20. »	27. »	36	31	155	5,6	21,2	3,7	»
Roggen	feucht	269	5. Juni	29. Juli	160	104	889	18,3	39,1	6,3	13
	mittelfeucht	296	3. »	26. »	90	76	761	15,1	31,9	6,3	»
	trocken	325	1. »	27. »	53	41	492	9,4	20,4	1,9	»
Gerste	feucht	213	19. Juni	22. Juli	80	59	641	27,0	30,8	1,9	13
	mittelfeucht	320	17. »	19. »	78	53	588	20,4	26,8	2,5	»
	trocken	353	15. »	15. »	58	46	307	11,7	20,9	2,0	»
Hafer	feucht	239	27. Juni	4. Aug.	108	—	546	12,3	53,9	3,5	13
	mittelfeucht	278	26. »	31. Jul.	90	—	405	9,0	31,4	2,7	»
	trocken	334	22. »	27. »	65	—	293	6,5	23,4	3,0	»
Erbse	feucht	157	24. Juni	2. Aug.	12	17	44	16,0	24,0	5,0	10
	mittelfeucht	206	23. »	2. »	12	15	38	12,9	19,6	2,8	»
	trocken	249	19. »	31. Jul.	10	7	19	6,0	16,1	2,5	»
Ackerbohne	feucht	195	12. Juni	5. Aug.	10	22	44	27,0	29,9	4,8	10
	mittelfeucht	238	8. »	3. »	10	21	27	11,5	28,3	4,7	»
	trocken	276	7 »	1. »	10	8	12	6,0	23,3	6,6	»
Raps	feucht	178	10. Jun.	9. Aug.	13	415	—	7,9	21,6	11,0	13
	mittelfeucht	230	12. »	7. »	13	340	—	6,4	17,1	10,1	»
	trocken	271	8. »	5. »	13	257	—	5,1	11,9	7,7	»

Versuch II (1895).

Mittlere relative Luftfeuchtigkeit.

	feucht	mittelfeucht	trocken
	68,7	37,2	23,2
Relatives Verhältniß:	100	54,1	33,8

Pflanze	Beschaffenheit der Luft	Mittlere Verdunstung pro Tag gr	Blüthezeit	Erntezeit	Zahl der Halme u. Stengel	Zahl der Aehren u. Schoten	Ernte				Zahl der Pflanzen
							Körnerzahl	Körnergewicht gr	Stroh gr	Spreu gr	
Weizen	feucht	114	9. Juli	25. Aug.	40	40	344	**6,6**	23,4	2,8	7
	mittelfeucht	224	8. »	25. »	38	16	136	**2,6**	20,4	1,2	»
	trocken	282	5. »	23. »	26	8	41	**0,7**	11,6	0,4	»
Roggen	feucht	108	19. Juni	8. Aug.	52	52	716	**21,8**	28,0	4,6	7
	mittelfeucht	215	17. »	5. »	40	40	618	**18,6**	22,2	3,0	»
	trocken	278	14. »	3. »	44	40	432	**9,2**	10,8	2,1	»
Erbse	feucht	233	26. Juni	7. Aug.	8	18	61	**37,8**	43,3	4,9	7
	mittelfeucht	334	25. »	5. »	9	14	47	**27,7**	29,9	3,7	»
	trocken	390	22. »	2. »	7	12	33	**16,4**	25,0	2,8	»
Lupine (blaue)	feucht	154	—	25. Aug.	7	23	83	**10,8**	32,1	7,6	7
	mittelfeucht	298	—	25. »	7	21	69	**8,7**	22,8	6,3	»
	trocken	371	—	23. »	7	24	60	**7,5**	17,8	6,1	»
Raps	feucht	245	22. Juni	20. Aug.	7	374	4308	**8,6**	20,2	9,2	7
	mittelfeucht	317	21. »	18. »	7	245	3605	**7,2**	15,3	7,0	»
	trocken	445	19. »	17. »	7	160	2311	**4,6**	9,4	5,0	»
								Wurzeln	Blätter		
Rübe, Teltower	feucht	144	—	7. Aug.	—	—	—	**81,5**	74,5	—	5
	mittelfeucht	274	—	7. »	—	—	—	**65,7**	56,9	—	»
	trocken	341	—	7. »	—	—	—	**47,2**	46,0	—	»

Pflanze	Beschaffenheit der Luft	Mittlere Verdunstung pro Tag gr	Grüne Masse (gr)			Lufttrockene Masse (gr)			Verhältniß von grün zu lufttrocken 100:
			1. Schnitt 24. Juli	2. Schnitt 8. Septbr.	Summa	1. Schnitt 24. Juli	2. Schnitt 8. Septbr.	Summa	
Rothklee	feucht	105	138,3	52,3	**190,6**	21,7	12,2	**33,9**	17,8
	mitelfeucht	231	110,0	50,2	**160,2**	19,4	10,2	**29,6**	18,5
	trocken	269	98,1	43,4	**141,5**	19,0	8,4	**27,4**	19,4

Versuch III (1896).

Mittlere relative Luftfeuchtigkeit.

	feucht	mittelfeucht	trocken
	83,9	**65,2**	**44,5**
Relatives Verhältniß:	100	77,7	53,1.

Pflanze	Beschaffenheit der Luft	Mittlere Verdunstung pro Tag gr	Blüthezeit	Erntezeit	Zahl der Hülsen und Köpfe	Ernte				Zahl der Pflanzen
						Körnerzahl	Körnergewicht gr	Stroh gr	Spreu gr	
Ackerbohne	feucht	**542**	22. Juni	31. Aug.	13	25	**14,5**	100,6	3,2	6
	mittelfeucht	**653**	18. »	26. »	11	21	**12,0**	80,7	2,9	»
	trocken	**746**	15. »	20. »	7	19	**10,3**	51,2	2,7	»
Buschbohne	feucht	**406**	25. Juni	4. Sept.	27	106	**48,5**	121,8	14,3	6
	mittelfeucht	**581**	23. »	2. »	21	91	**38,3**	94,3	13,3	»
	trocken	**629**	20. »	31. Aug.	18	71	**25,3**	62,2	12,6	»
Mohn	feucht	**200**	25. Juli	27. Aug.	14	—	**6,4**	53,0	4,3	10
	mittelfeucht	**280**	24. »	27. »	10	—	**6,3**	49,6	4,3	»
	trocken	**324**	24. »	27. »	10	—	**5,3**	35,7	4,2	»

Pflanze	Beschaffenheit der Luft	Mittlere Verdunstung pro Tag gr	Erntezeit	Zahl der Stengel	Ernte			Zahl der Pflanzen
					Zahl der Knollen und Rüben	Gewicht der Knollen und Rüben gr	Stroh und Blätter gr	
Kartoffel	feucht	**241**	23. Sept.	12	15	**365,4**	234,7	4
	mittelfeucht	**400**	»	17	20	**311,0**	210,6	»
	trocken	**443**	»	18	20	**164,0**	168,8	»
Kohlrübe	feucht	**177**	23. Sept.	—	5	**125,0**	89,7	5
	mittelfeucht	**268**	»	—	5	**61,3**	58,5	»
	trocken	**325**	»	—	5	**32,4**	39,1	»

Pflanze	Beschaffenheit der Luft	Mittlere Verdunstung pro Tag gr	Grüne Masse (gr)				Lufttrockene Masse (gr)				Verhältniß von grün zu lufttrocken 100:
			1. Schnitt 30. Juni	2. Schnitt 28. Juli	3. Schnitt 21. resp. 1. Septbr.	Summa	1. Schnitt 30. Juni	2. Schnitt 28. Juli	3. Schnitt 21. resp. 1. Septbr.	Summa	
Gräsergemisch	feucht	**141**	69,8	50,5	33,0	**153,3**	9,8	7,3	9,0	**26,1**	16,9
	mittelfeucht	**226**	53,2	30,6	27,8	**111,6**	8,2	5,5	6,3	**20,1**	17,9
	trocken	**249**	42,0	20,1	20,1	**82,2**	7,6	3,1	4,9	**15,6**	19,0
Luzerne	feucht	**122**	58,1	43,0	37,6	**138,7**	10,1	7,5	8,2	**25,8**	18,6
	mittelfeucht	**158**	49,0	34,4	30,0	**113,4**	8,6	5,9	6,9	**21,4**	18,9
	trocken	**192**	42,7	27,9	25,2	**95,8**	7,5	5,0	5,8	**18,3**	19,1

Aus diesen Zahlen geht zunächst hervor,

1) daß die Verdunstung seitens der Pflanzen[1]) unter sonst gleichen Umständen um so geringer ist, je höher der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, oder mit anderen Worten, daß die Transpirationsgröße mit dem sog. Sättigungsdefizit der Luft zunimmt.

Hinsichtlich des Verhältnisses der Verdunstungsmengen zu dem Wassergehalt der Luft scheint sich aus den mitgetheilten Daten zu ergeben, daß dasselbe kein umgekehrt proportionales ist, sondern daß die Transpirationsgröße in geringerem Grade eine Steigerung erfährt, als der Feuchtigkeitsvorrath in der Luft sich vermindert. Dies läßt sich ungefähr nachweisen, wenn man die umgekehrten relativen Werthe für die Luftfeuchtigkeit in dem feuchten und trockenen Raum[2]) berechnet und mit denselben jene in Vergleich zieht, welche sich für die Verdunstungsmengen in geradem Verhältniß ergeben. Man erhält dann folgende Uebersicht:

Verhältniß der		1894	1895	1896
Luftfeuchtigkeit:	feucht zu trocken (reziprok) =	100 : 204	100 : 267	100 : 189
Verdunstungsmengen:	feucht zu trocken . . . . =	100 : zu	100 : zu	100 : zu
	Weizen	188	248	—
	Roggen	121	257	—
	Gerste	166	—	—
	Hafer	144	—	—
	Erbse	159	168	—
	Ackerbohne . .	141	—	138
	Buschbohne . .	—	—	155
	Lupine	—	241	—
	Raps	152	181	—
	Mohn . . .	—	—	162
	Rübe	—	237	184
	Kartoffel . . .	—	—	184
	Rothklee . . .	—	256	—
	Luzerne . . .	—	—	157
	Gras	—	—	177

[1]) In den Verdunstungsmengen sind allerdings auch jene enthalten, welche der Boden abgegeben hat. Dies kommt indessen nicht wesentlich in Betracht, weil einerseits die von den Pflanzen transpirirten Wassermengen beträchtlich größer sind als jene seitens des Bodens und andererseits in der Natur die Verdunstung aus letzterem in keinem Falle ausgeschlossen ist.

[2]) Die im mittelfeuchten Raum erzogenen Pflanzen zeigen in der Mehrzahl der Fälle ein ähnliches Verhalten wie die der trockenen Luft, doch treten die Unterschiede weniger deutlich hervor.

Soweit die bezüglichen Beobachtungen auf Zuverlässigkeit Anspruch erheben können, wird sonach aus denselben gefolgert werden dürfen, daß die Verdunstung in einem engeren Verhältniß als der reziproke Werth für die Luftfeuchtigkeit wächst. Die Ursache dieser Erscheinung ließe sich, falls dieselbe auch durch weitere Untersuchungen bestätigt werden sollte, durch die Thatsache[1]) erklären, daß in der trockenen Luft die Pflanzen sich mit Schutzvorrichtungen verschiedener Art gegen zu starke Verdunstung versehen.

Ferner lassen die mitgetheilten Daten erkennen,

2) daß die Blüthe- und die Reifezeit der Pflanzen in dem Maße beschleunigt werden, als der Feuchtigkeitsgehalt der Luft abnimmt,

eine Thatsache, welche bereits vielfach anderweitig konstatirt wurde, indem in zahlreichen einschlägigen Untersuchungen der Nachweis geführt wurde, daß mit der Abnahme des Feuchtigkeitsgehaltes des Standortes die verschiedenen Entwickelungsphasen der Pflanzen eine Abkürzung erfahren.

Schließlich sprechen die vorliegenden Beobachtungen dafür,

3) daß die Bestockung der Pflanzen und die Entwickelung der reproduktiven Organe mit dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft gefördert werden, resp. in einem umgekehrten Verhältniß zu der Transpirationsgröße der Pflanzen stehen, und

4) daß dementsprechend sich das gesammte Produktionsvermögen der Gewächse gestaltet.

Diese Beobachtungen stehen mithin im Widerspruch zu der Eingangs angeführten, vielfach vertretenen Ansicht, daß mit der Erhöhung der Transpiration aus dem dort angeführten Grunde eine vermehrte Stoffbildung in der Pflanze Hand in Hand gehe, indem gerade bei der schwächsten Verdunstung die höchsten Erträge gewonnen wurden und umgekehrt. Bei der Erklärung der betreffenden Erscheinungen wird man nicht fehlgehen, wenn man für dieselben die Veränderungen heranzieht, welche in dem Turgor der Zellen bei verschiedenem Feuchtigkeitsgehalt

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. XX. 1898. S. 416.

der Luft stattfinden. Je stärker die Verdunstung ist, d. h. je geringer der Wassergehalt der Luft, um so mehr erleidet die Turgeszenz der Zellen eine Einbuße, und da gleichzeitig der Wasservorrath in dem Boden verringert wird[1]), gestalten sich die Wachsthumsbedingungen für die Pflanze um so ungünstiger, je größer die Verluste an Wasser sind, welche ihr selbst und dem Erdreich zugefügt werden.

[1]) Diese Zeitschrift. Bd. X. 1887. S. 262. — Bd. XX. 1897. S. 56.

Neue Litteratur.

P. Ototzky. **Influence des forêts sur les eaux souterraines.** Annales de la science agronomique française et étrangère. T. II. 1897. — Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen. 1897. S. 750.

J. Schubert. **Temperatur und Feuchtigkeit der Luft auf freiem Felde, im Kiefern- und Buchenbestande.** Meteor. Zeitschrift. 1898. Heft 4. S. 134.

L. Anderlind. **Mittheilung über die Menge des in den wässerigen Niederschlägen enthaltenen Stickstoffs von Land- und Seewinden.** Die landw. Versuchsstationen. 1898. S. 159.

W. C. Williams. **Die Menge der in der Atmosphäre vorhandenen Kohlensäure.** Ber. d. deutschen chem. Ges. Bd. 30. 1897. S. 1450.

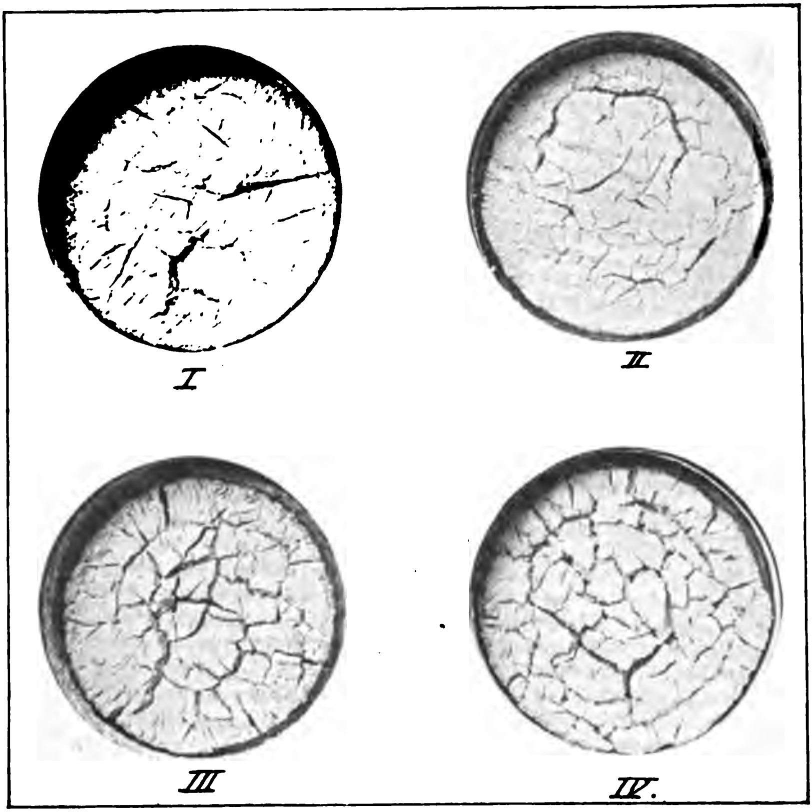
W. Meinardus. **Weitere Mittheilungen über den Zusammenhang der atmosphärischen Verhältnisse in Nordwest- und Mittel-Europa im Winter und Frühjahr.** Naturw. Rundschau. 1898. Nr. 17.

R. Hennig. **Untersuchungen über die „kalten Tage“ im Mai.** Das Wetter. 1898. Heft 4. S. 85. Heft 5. S. 106. Heft 6. S. 131. Heft 7.

G. Hellmann. **Untersuchungen über milde Winter.** Das Wetter. 1898. Heft 2. S. 25.

W. J. van Bebber. **Die Wettervorhersage.** 2. Auflage. Stuttgart. 1898. Enke.

J. R. Plumandon. **La Pluie.** Clermont-Ferrand. 1897.



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.

FORSCHUNGEN

AUF DEM

GEBIETE DER AGRIKULTURPHYSIK.

UNTER MITWIRKUNG DER HERREN:

PROF. DR. J. VAN BEBBER IN HAMBURG; PROF. DR. J. VAN BEMMELEN IN LEIDEN (HOLLAND); PROF. DR. A. BÜHLER IN TÜBINGEN; PROF. DR. W. DETMER IN JENA; PROF. DR. E. EBERMAYER IN MÜNCHEN; DR. C. FERRARI IN VERONA; PROF. C. FRUWIRTH IN HOHENHEIM; PROF. DR. E. GODLEWSKI IN KRAKAU; DR. G. HAVENSTEIN IN BONN; PROF. DR. R. HEINRICH IN ROSTOCK; PROF. DR. E. W. HILGARD IN BERKELEY (CALIFORNIEN U. S.); PROF. DR. F. v. HÖHNEL IN WIEN; PROF. DR. S. W. JOHNSON IN NEW-HAVEN (CONNECTICUT U. S.); PROF. DR. J. KÜHN IN HALLE A. S.; PROF. DR. C. KRAUS IN WEIHENSTEPHAN; PROF. DR. TH. LANGER IN MÖDLING; DR. J. R. LORENZ VON LIBURNAU IN WIEN; PROF. DR. A. VON LIEBENBERG IN WIEN; PROF. DR. A. MAYER IN WAGENINGEN (HOLLAND); PROF. DR. J. MÖLLER IN GRAZ; PROF. DR. A. MÜLLER IN BERLIN; PROF. DR. H. MÜLLER-THURGAU IN WÄDENSWEIL (SCHWEIZ); PROF. DR. J. NESSLER IN KARLSRUHE; PROF. DR. A. ORTH IN BERLIN; PROF. DR. R. PEDERSEN IN KOPENHAGEN; DR. H. PUCHNER IN WEIHENSTEPHAN; PROF. DR. E. RAMANN IN EBERSWALDE; DR. W. RIEGLER IN WIEN; PROF. DR. E. VON RODICZKY IN BUDAPEST; DR. W. SCHUMACHER IN BONN; PROF. DR. P. SORAUER IN BERLIN; DR. F. C. TSCHAPLOWITZ IN PROSKAU; PROF. DR. P. WAGNER IN DARMSTADT; W. VON WIENER IN MOSKAU

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. E. WOLLNY,

PROFESSOR IN MÜNCHEN.

ZWANZIGSTER BAND. VIERTES HEFT.

MIT 6 PHOTOLITHOGRAPHISCHEN TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1898.